UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS NO DISTRITO FEDERAL

ENG[a] SALOME GUADALUPE CHACÓN ARCAYA

ORIENTADOR: NEWTON MOREIRA DE SOUZA, D. Sc.

DISSERTAÇÃO MESTRADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.DM-156/07

BRASÍLIA / DF: MARÇO / 2007

AVALIAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS NO DISTRITO FEDERAL

RESUMO

O crescimento desordenado do Distrito Federal causou a retirada de mais de 50% da cobertura vegetal nos últimos 44 anos, provocando o aumento de erosões lineares em toda a região, acarretando diversos problemas ambientais e econômicos.

No Distrito Federal, a ocorrência de algumas erosões já pôde ser observada no princípio da ocupação por ocasião da implantação da Nova Capital, como foi relatado no relatório técnico Belcher em 1956, sobre a nova capital da republica.

O presente trabalho tem como objetivo analisar e determinar os principais fatores condicionantes por meio da abordagem morfopedológica, a inter-relação entre solo, relevo e litologia, a fim de diagnosticar e compreender a gênese e evolução dos processos erosivos regionais no Distrito Federal. Principalmente das ravinas de grandes dimensões e voçorocas, que são as mais impactantes na área de estudo, auxiliando desta forma na criação de um plano de ação eficaz de recuperação dessas áreas.

Os produtos de sensoriamento remoto, banco de dados com 1.582 feições erosivas cadastradas e o mapa de uso de solos foram algumas das ferramentas complementares que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa. Tal abordagem fundamenta-se na delimitação, compreensão e funcionamento dos compartimentos morfopedológicos que constituem unidades homogêneas, permitindo a identificação de dez compartimentos. Os resultados obtidos mostram que a distribuição dos focos erosivos está associada a condicionantes naturais e antrópicos. O mapa de compartimentos morfopedológicos foi o principal produto elaborado pela pesquisa e tem fundamental importância para as considerações com relação à suscetibilidade ao desenvolvimento dos processos erosivos em cada compartimento e para propor medidas de controle preventivo de uso e ocupação do espaço e dos solos no DF.

ABSTRACT

The disordered growth of the Distrito Federal caused the devastation of more than 50% of the vegetal covering in the last 44 years, provoking the increase of linear erosions in the whole area, causing several environmental and economic problems.

In the Distrito Federal, the occurrence of some erosions could already be observed in the beginning of the occupation of the implantation of the New Capital, as it was write in the technical report Belcher in 1956, on the new capital of the republic.

The present work has as objective to analyze and to determine the main factors that originated erosions through the morphopedological approach, the relationship among soils, geomorphology and geology, in order to diagnosis and to understand the genesis and evolution of the regional erosive processes in the Distrito Federal. Mainly of the rill of great dimensions and gully, that they are the most impactantes in the study area, aiding of this way in the creation of an efficient plan of recovery of those areas.

The products of remote sensing, the database with 1.582 erosive features registered, and the map of use of soils was some of the complementary tools that aided in the development of the research. Such approach is based on the delimitation, understanding and operation of the morphopedological compartments that constitute homogeneous areas, allowing the identification of ten compartments. The results obtained show that the distribution of the erosive focuses is associated to the natural and antropogenic factors. The map of morphopedological compartmentation was the main product elaborated by the research and it is very important to identify the relationship between the susceptibility to the erosive processes in each compartment, and to propose measures of preventive control of use and occupation of the area and of the soils in DF.

ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 Objetivo geral	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2 JUSTIFICATIVA	4
1.3 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 CONCEITOS E FATORES DE FORMAÇÃO DE SOLOS	6
2.1.1 Perfil de solo	7
2.2 EROSÃO	10
2.2.1 Tipos de erosão hídrica	10
2.2.1.1 Erosão laminar	11
2.2.1.2 Erosão linear	11
2.2.1.3 Voçorocas	12
2.2.2 Fatores condicionantes dos processos erosivos	13
2.2.2.1 Chuva	13
2.2.2.2 Relevo	14
2.2.2.3 Cobertura vegetal	15
2.2.2.4 Tipo de solo	16
2.2.2.5 Substrato rochoso	17
2.2.2.6 Ação antrópica	18
2.3 EROSÃO URBANA	18
2.4 ABORDAGEM MORFOPEDOLÓGICA	19
2.5 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	22
2.5.1 Princípios de cartografia geotécnica	22
2.5.2 Metodologias da cartografia geotécnica	24
2.5.2.1 Metodologia da IAEG	25
2.5.2.2 Sistema PUCE	25
2.5.2.3 Metodologia da EESC – USP	26
2.5.2.4 Metodologia do IPT	27
2.6 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E TECNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	28
2.6.1 Sistema de informação geográfica (SIG)	28
2.6.2 Geoprocessamento	30
2.6.3 Cartografia para geoprocessamento	31
2.7 CADASTRO, CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E SUAS CARACTERÍSTICAS.	32
2.7.1 Sistema de informação territorial	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 ESCOPO DA METODOLOGIA UTILIZADA	35
3.2 MATERIAIS UTILIZADOS	35
3.2.1 Base cartográfica, cartografia temática, banco de dados e produtos de sensoriamento remoto	37

3.2.2 Softwares utilizados 37
3.2.3 Equipamento 38
3.3 ETAPAS DA PESQUISA 38
3.3.1 Detalhamento dos procedimentos de elaboração dos mapas 38
3.3.1.1 Mapa base 38
3.3.1.2 Imagem da área de estudo 39
3.3.1.3 Modelo digital de terreno 41
3.3.1.4 Mapa de declividade 42
3.3.1.5 Mapa de distribuições das feições erosivas 43
3.3.1.6 Mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas 43
3.3.1.7 Mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas 43
3.3.1.8 Mapa de lineamentos 44
3.3.1.9 Mapa de uso e cobertura de solo 45
3.3.2 Detalhamento dos procedimentos na elaboração do cadastro georreferenciado das feições erosivas no distrito federal 45
3.3.3 Compartimentação morfopedológica 50
3.3.3.1 Detalhamento dos procedimentos na elaboração dos mapas temáticos 51
3.3.3.2 Detalhamento dos procedimentos na compartimentação morfopedológica 51
3.3.4 Mapa de susceptibilidade às erosões lineares 52

4. CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO 57
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 57
4.2 EVOLUÇÃO URBANA E DIVISÃO ADMINISTRATIVA DE DF 58
4.3 GEOMORFOLOGIA 61
4.3.1 Belcher (1956) 61
4.3.2 Penteado (1976) 61
4.3.3 Codeplan (1984) 62
4.3.4 Radambrasil (1984) 64
4.3.5 Novaes Pinto (1986, 1987, 1994) 64
4.3.6 Carneiro (1999) 65
4.3.7 Proposta (2007) 68
4.4 GEOLOGIA 68
4.4.1 Aguíar (1997) 70
4.4.2 Freitas-Silva & Campos (1998) 72
4.4.2.1 Grupo Paranoá (MNPp) 73
4.4.2.2 Grupo Canastra (MNPc) 74
4.4.2.3 Grupo Araxá (NPa) 75
4.4.2.4 Grupo Bambuí (NPb) 77
4.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL 79
4.6 SOLOS 83
4.6.1 Latossolo vermelho-escuro (LE) 85
4.6.2 Latossolo vermelho-amarelo (LV) 85
4.6.3 Cambissolo (CB) 86
4.6.4 Podzólico vermelho-amarelo (PV) 86
4.6.5 Podzólico vermelho-escuro (PE) 87
4.6.6 Solos hidromórficos indiscriminados (HI) 87
4.6.7 Areias quartzosas (AQ) 87
4.7 SISTEMAS PEDOLOGICOS DO DISTRITO FEDERAL 90
4.8 HIDROGRAFIA 91
4.8.1 Domínio poroso 96
4.8.2 Domínio fraturado 97

4.9 VEGETAÇÃO 98
4.9.1 Cerrado 99
4.9.2 Cerrado ralo ou campo cerrado 99
4.9.3 Cerradão 100
4.9.4 Campo limpo 100
4.9.5 Campo sujo 100
4.9.6 Mata ciliar 100
4.9.7 Matas mesofíticas 101
4.9.8 Veredas 101
4.10 CLIMA 101

5. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS 106
5.1 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MNT) 106
5.2 MAPA DE DECLIVIDADE 111
5.3 MAPA DE USO E COBERTURA DE SOLO 112
5.4 MAPA DE LINEAMENTOS 115
5.5 APRESENTAÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS CADASTRADAS 119
5.6 BANCO DE DADOS GEORREFERANCIADO 123
5.7 MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS NO DF 125
5.8 CARACTERISTICAS DAS EROSÕES LINEARES CADASTRADAS 128
5.8.1 Distribuição das erosões lineares cadastradas por região administrativa 128
5.8.2 Geomorfologia 131
5.8.3 Declividade 132
5.8.4 Solos 134
5.8.5 Geologia 136
5.8.6 Hipsometria 138
5.9 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ESTRADAS E AS FEIÇÕES EROSIVAS NO DISTRITO FEDERAL 140
5.10 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ÁREAS URBANAS E AS FEIÇOES EROSIVAS 142
5.11 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLOGIA 147
5.11.1 Compartimento morfopedológico MP-I 147
5.11.2 Compartimento morfopedológico MP-II 153
5.11.3 Compartimento morfopedológico MP-III 155
5.11.4 Compartimento morfopedológico MP-IV 157
5.11.5 Compartimento morfopedológico MP-V 159
5.11.6 Compartimento morfopedológico MP-VI 161
5.11.7 Compartimento morfopedológico MP-VII 162
5.11.8 Compartimento morfopedológico MP-VIII 163
5.11.9 Compartimento morfopedológico MP-IX 165
5.11.10 Compartimento morfopedológico MP-X 166
5.12 MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE ÀS EROSÕES LINEARES 168

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES 172
6.1 CONCLUSÕES 172
6.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS 175
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 176
APÊNDICE A 182
APÊNDICE B 186

Tabela 5.19 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo a declividade 132
Tabela 5.20 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo a declividade 133
Tabela 5.21 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo as sub-classes dos tipos de solos 134
Tabela 5.22 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo as classes dos tipos de solos 135
Tabela 5.23 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo o tipo de solo 135
Tabela 5.24 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo a geologia 137
Tabela 5.25 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo a geologia 137
Tabela 5.26 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo as classes hipsométricas 139
Tabela 5.27 - Distribuição da geomorfologia em relação a hipsometria 140
Tabela 5.28 - Distribuição do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distancia entre as estradas e as feições erosivas 141
Tabela 5.29 – Distribuição do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas 145
Tabela 5.30 - Principais Características dos compartimentos morfopedológicos do Distrito Federal 149
Tabela 5.31 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP I 151
Tabela 5.32 - Distribuição da litologia no compartimento - MP I 151
Tabela 5.33 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP I 151
Tabela 5.34 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP II 153
Tabela 5.35 - Distribuição da litologia no compartimento - MP II 154
Tabela 5.36 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP II 154
Tabela 5.37 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP III 155
Tabela 5.38 - Distribuição da litologia no compartimento - MP III 156
Tabela 5.39 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP III 156
Tabela 5.40 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP IV 157
Tabela 5.41 - Distribuição da litologia no compartimento - MP IV 158
Tabela 5.42 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP IV 158
Tabela 5.43 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP V 159
Tabela 5.44 - Distribuição da litologia no compartimento - MP V 160
Tabela 5.45 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP V 160
Tabela 5.46 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP VI 161
Tabela 5.47 - Distribuição da litologia no compartimento - MP VI 161
Tabela 5.48 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP VI 162
Tabela 5.49 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP VII 162
Tabela 5.50 - Distribuição da litologia no compartimento - MP VII 163
Tabela 5.51 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP VII 163
Tabela 5.52 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP VIII 164
Tabela 5.53 - Distribuição da litologia no compartimento - MP VIII 164
Tabela 5.54 - Distribuição do uso de solo no compartimento - MP VIII 164
Tabela 5.55 - Distribuição da pedologia no compartimento – MP IX 165
Tabela 5.56 - Distribuição da Litologia no compartimento - MP IX 165
Tabela 5.57 - Distribuição do Uso de solo no compartimento - MP IX 166
Tabela 5.58 - Distribuição da Pedologia no compartimento – MP X 166
Tabela 5.59 - Distribuição da Litologia no compartimento - MP X 167
Tabela 5.60 - Distribuição do Uso de solo no compartimento - MP X 167
Tabela 5.61 - Distribuição das áreas obtidas de acordo com o grau de susceptibilidade 168
Tabela 5.62 - Relação entre os compartimentos e o grau de susceptibilidade 170
Tabela 5.63 – valores ponderados da susceptibilidade para cada compartimento 171

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 2.1 - Perfis esquemáticos de diferentes solos em substrato de granito, com nomenclatura pedológica e geotécnica. Fonte: Salomão & Antunes (1998) 9
Figura 2.2 - Perfis esquemáticos de diferentes solos em substrato de arenito, com nomenclatura pedológica e geotécnica. Fonte: Salomão & Antunes (1998) 9
Figura 2.3 - Feição erosiva do tipo laminar com inicio de erosão linear por sulcos. Fonte: Souza (Julho -1996) 11
Figura 2.4 - Feição erosiva do tipo sulco. Fonte: Souza (Julho -1996) 12
Figura 2.5 - Feição erosiva do tipo ravina. Fonte: Souza (Julho -1996) 12
Figura 2.6 - Feição erosiva do tipo voçoroca 13
Figura 2.7 - Relações interdisciplinares entre SIG e outras áreas Fonte: Maguire et al. (1991) 32
Figura 3.1- Fluxograma da estrutura da pesquisa 36
Figura 3.2 - Fluxograma do Mapa Base 39
Figura 3.3 - Imagem SPOT da área de estudo 40
Figura 3.4 - (a) curvas de nível originais da folha Nº 17 e (b) curvas de nível ajustadas para a folha Nº 17 41
Figura 3.5 - Sistema de articulação das 244 folhas na escala 1:10.000 41
Figura 3.6 - Medidas da declividade. Fonte: modificado – Câmara 2005 42
Figura 3.7 - Exemplo de mapa de distância 43
Figura 3.8 - Ficha de cadastro de erosões na escala regional 46
Figura 3.9 - Exemplo de cadastramento das feições erosivas na escala 1:15.000 48
Figura 3.10 - Vista de uma voçoroca e ravinas cadastradas com ajuda do Google Earth na RA de Gama, a) em posição horizontal e b) inclinado 49
Figura 3.11 - Fluxograma seguido na Compartimentação Morfopedologica 50
Figura 4.1 - Localização do Distrito Federal 58
Figura 4.2 - Mapa de Regiões Administrativas do DF. Fonte: CODEPLAN (1997) 60
Figura 4.3 - Mapa Geomorfológico do DF. (Fonte: CODEPLAN 1984) 63
Figura 4.4 - Mapa Geomorfológico do DF (Fonte: Novaes Pinto 1994) 66
Figura 4.5 - Mapa Geomorfológico do DF (Novaes Pinto 1994 modificado Carneiro 1999) 67
Figura 4.6 - Mapa Geomorfológico do DF (Carneiro 1999 modificado Arcaya 2007) 69
Figura 4.7 - Mapa do Substrato Rochoso (Aguiar - 1997) 71
Figura 4.8 - Mapa Geológico do DF (Freitas-Silva & Campos – 1998b) 76
Figura 4.9 - Coluna Estratigráfica das seqüências deposicionais Canastra e Paranoá, no DF (Modificado – Faria, 1995) Apud Freitas-Silva & Campos (1998a) 78
Figura 4.10 - Coluna Estratigráfica das seqüências Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí no Distrito Federal (Modificado – SEMATEC & UNB, 1998) 79
Figura 4.11 - Esboço tectônico do Brasil Central, com destaque para a Província Tocantins (simplificado de Almeida et al., 1981, Apud Valeriano et al., 2004) 80
Figura 4.12 - Arcabouço tectônico regional do Distrito Federal e entorno (modificado de Freitas-Silva & Campos 1998a) 82
Figura 4.13 - Seção esquemática mostrando a estruturação dos três Sistemas de empurrão

que compõem a Nappe do Distrito Federal. (modificado de Freitas-Silva & Campos 1998a) 82
Figura 4.14 - Mapa de lineamentos estruturais do Distrito Federal. Dados extraídos de: imagens de satélite (1:100.000), mosaicos de radar (1:250.000), fotografias áreas (1:30000) e cartas topográficas. IEMA/SEMATEC/UnB (Freitas e Silva & Campos, 1998a) 84
Figura 4.15 - Mapa Pedológico do Distrito Federal (EMBRAPA, 1998) 89
Figura 4.16 - Vertentes do Distrito Federal 90
Figura 4.17 - Regiões Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994) 93
Figura 4.18 - Bacias Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994) 94
Figura 4.19 - Unidades Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994) 95
Figura 4.20 - Vegetação do Distrito Federal. Fonte: Governo do Distrito Federal – Flora do Jardim Botânico (2006) 102
Figura 4.21 - Dados meteorológicos: (a) Temperatura máximas máxima e mínimas mínima e (b) Temperatura máximas e mínimas - médias, para o ano de 2006. Fonte: INMET (2006) 104
Figura 4.22 - Dados de precipitações: (a) máximas em 24 horas e (b) acumulada mensal X precipitação (normal climatológica 61-90), para o ano de 2006 (b) Fonte: INMET (2006) 105
Figura 5.1 - Distribuição percentual das classes hipsométricas no Distrito Federal 107
Figura 5.2 - Integral hipsométrica 107
Figura 5.3 - Localização dos perfis 108
Figura 5.4 - Perfil Nº 1 com orientação SW – NE 108
Figura 5.5 - Perfil Nº 2 com orientação NW – SE 109
Figura 5.6 - Perfil Nº 3 com orientação W – E 109
Figura 5.7 - Mapa hipsométrico do Distrito Federal 110
Figura 5.8 - Distribuição percentual das classes de declividade no Distrito Federal 112
Figura 5.9 - Mapa de declividade do Distrito Federal 113
Figura 5.10 - Mapa de uso e cobertura de solo do Distrito Federal 114
Figura 5.11 - Distribuição percentual das classes de uso e cobertura de solo do Distrito Federal 115
Figura 5.12 - Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para os lineamentos estruturais do DF 116
Figura 5.13 - Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para as ravinas 117
Figura 5.14 - Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para as voçorocas 118
Figura 5.15 - Distribuição percentual das feições cadastradas por regiões administrativas no Distrito Federal 120
Figura 5.16 - Distribuição das feições cadastradas por regiões bacias hidrográficas no Distrito Federal 121
Figura 5.17 - Mapa da distribuição espacial das feições erosivas cadastradas no Distrito Federal 122
Figura 5.18 - Distribuição em percentagem dos tipos de feições cadastradas no Distrito Federal 121
Figura 5.19 - Tela de consulta do banco de dados georreferenciado das feições cadastradas no Distrito Federal 124
Figura 5.20 - Distribuição em percentagem das classes da distribuição das feições 125
Figura 5.21 - Mapa de distribuição das feições erosivos do Distrito Federal 126

Figura 5.22 - Mapa de distribuição das feições erosivos mostrando a influência das áreas urbanas e estradas em escala 1:200.000 127
Figura 5.23 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas por regiões administrativas no Distrito Federal 129
Figura 5.24 - Distribuição percentual das ravinas cadastradas por regiões administrativas no Distrito Federal 130
Figura 5.25 - Distribuição percentual das voçorocas cadastradas por regiões administrativas no Distrito Federal 130
Figura 5.26 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas segundo a geomorfologia no Distrito Federal 131
Figura 5.27 - (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a geomorfologia no Distrito Federal 132
Figura 5.28 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas segundo a declividade no Distrito Federal 133
Figura 5.29 - (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a declividade no Distrito Federal 133
Figura 5.30 - Distribuição percentual das erosões lineares segundo as classes de tipo de solos no Distrito Federal 135
Figura 5.31 - (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo o tipo de solos no Distrito Federal 136
Figura 5.32 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas segundo a geologia 137
Figura 5.33 - (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a geologia no Distrito Federal 138
Figura 5.34 - Distribuição percentual das ravinas (a) e voçorocas (b) cadastradas segundo as classes hipsométricas 139
Figura 5.35 - Distribuição em percentagem do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas 141
Figura 5.36 - Mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas no Distrito Federal 143
Figura 5.37 - Mapa de detalhe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas no Distrito Federal 144
Figura 5.38 - Distribuição em percentagem das ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas 145
Figura 5.39 - Mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas cadastradas 146
Figura 5.40 - Compartimentação morfopedológica do Distrito Federal 148
Figura 5.41 - Relevo ondulado a fortemente ondulado da superfície de dissecação MP – I. Fonte: Martins - 2005 152
Figura 5.42 - Exemplos de erosões lineares cadastradas (a) voçoroca e (b) sulcos com tendência a ravinas. Fonte: Martins - 2005 152
Figura 5.43 - Relevo típico do compartimento MP – II, com declividades predominantes >20%. Fonte: Google Earth - 2006 153
Figura 5.44 - Ravinas cadastradas (a) 05_NW_122 e (b) 03_W_05. Fonte: Martins - 2005 155
Figura 5.45 - (a) Ravina 08_NW_01 e (b) Voçoroca localizada no parque nacional 01_NW_04. Fonte: Martins – 2005 e Google Earth – 2006 157
Figura 5.46 - (a) Ravinas associadas a uma área de empréstimo e (b) ravinas originada pelo escoamento d'água. Fonte: Martins – 2005 159
Figura 5.47 - Voçoroca de grande porte (02_W_07). Fonte: Souza – 1996 161
Figura 5.48 - Mapa de Susceptibilidade as erosões lineares no Distrito Federal 169

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIAÇÕES

% - Por cento
AHP - *Analytic Hierarchy Process*
APA - Área de Proteção Ambiental
AQ - Areias Quartzosas
Aw - Tropical
b - espessura saturada
cm – Centímetros
CAD – *Computer Aided Desing*
Cb - Cambissolos
CSF - Cráton do São Francisco
CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnologico
CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
CODEPLAN – Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central
Cwa – Tropical de Altitude
Cwb – Tropical de Altitude
DAEE – Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo
DF - Distrito Federal
DXF - *Drawing Interchange Format, or Drawing Exchange Format*
E – Leste
EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FBM - Faixa Brasília Meridional
FBS - Faixa Brasília Setentrional
GDF – Governo do Distrito Federal
GIS – *Geografic Information System*
GPS - *Global Position System*
GRIB - *Gridded Binary*
HI - Solos Hidromórficos Indiscriminados
IAEG - *"International Association of Engineering Geology"*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente
INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
K - condutividade hidráulica
Km – Kilometros
Km^2 – Kilometros quadrados
L/h – Litros por hora

LE - Latossolo Vermelho-Escuro
LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
LV - Latossolo Vermelho-Amarelo
m – metro
MNT – Modelo Numérico de Terreno
N – Norte
NE – Nordeste
NOVACAP – Companhia Urbanizadora da Nova Capital
NW – Noroeste
NY – New York
PDOT - Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PE - Podzólico Vermelho-Escuro
pH - Potencial hidrogeniônico
PI – Plano de informação
PUCE – *Pattern, Unit, Component, Evaluation*
PV - Podzólico Vermelho-Amarelo
RA - Região Administrativa
RADAM – Radar na Amazônia
SAD – *South American Datum*
SICAD - Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SIG - Sistema de Informações Geográficas
SGIRH - Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos no Distrito Federal
SIT - Sistemas de Informação Territorial
SEMATEC - secretaria do meio ambiente ciência e tecnologia
S – Sul
SE – Sudeste
SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.
SW – Sudoeste
TELEBRÁS – Telecomunicações Brasileira AS
TIN – *"Triangular Irregular Network"*
TIFF - *Tagged Image File Format*
Ter - Terra Roxa Estruturada
UnB – Universidade de Brasília
UNESCO - Organ. das Nações Unidas para o progresso da Educação, Ciência e Cultura
UTM – *"Universal Trasversa de Mercator"*
W – Oeste
WGr – Oeste de Greenwich

Capítulo

1

Introdução

O acelerado processo de urbanização no Brasil, associada à falta de estrutura urbana em novos loteamentos e conjuntos habitacionais, além da suscetibilidade dos terrenos, cria uma situação extremamente favorável ao desenvolvimento de processos erosivos, tais problemas acareiam graves conseqüências ambientais com conseqüências sociais e econômicas que oneram o poder público e a sociedade como um todo. Estes problemas são, muitas vezes, decorrentes do desconhecimento e/ou da não consideração dos fatores do meio físico que regulam a sua dinâmica.

Em muitas cidades, as erosões promovem situações de risco para a comunidade, ante o seu grande poder destrutivo, ameaçando habitações e obras públicas, transformando-se no condicionante mais destacado na limitação para a expansão urbana, e assentamento de obras de infra-estrutura.

A maior parte das cidades no Distrito Federal estão instaladas em terrenos constituídos por solos argilosos e relativamente profundos, apresenta erosão na forma de ravinas e voçorocas, causadas especialmente pela concentração das águas de escoamento superficial (pluviais e servidas).

Por outro lado, o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, dentro da área urbana ou nas suas periferias, bem como a destruição ou entupimento da rede de galerias, agravam ainda mais os problemas causados pela erosão, pois promovem enchentes, a concentração de poluentes, e a perda de capacidade de armazenamento d'água dos reservatórios de abastecimento público (Salomão & Iwasa, 1995).

O lixo e os lançamentos de esgoto transformam as erosões em foco de doenças, tornando-as ainda mais danosas ao meio ambiente. Em muitos municípios brasileiros a gravidade pela ocorrência de voçorocas urbanas se constitui num dos principais condicionantes da expansão urbana e assentamento de obras de infra-estrutura.

Segundo Almeida Filho (1998), a urbanização, como toda obra que interpõe estruturas poucos permeáveis entre o solo e a chuva, faz com que o escoamento seja incrementado com a diminuição da infiltração, numa mudança de regimento de escoamento localmente mais drástica, do que aquela provocada por desmatamento. Assim, provoca a concentração das águas pluviais em cabeceiras de drenagens desencadeando a formação de processos erosivos nas próprias vias que, por sua vez, se constituem os principais condutos das águas captadas pelos telhados das edificações, somadas ao escoamento superficial local.

No Distrito Federal, a ocorrência de algumas erosões já pôde ser observada no princípio da ocupação por ocasião da implantação da Nova Capital, como foi relatado no relatório Belcher (1956). De acordo com Silva, 1986 *apud* Martins, 2005, é inacreditável que uma cidade bem planejada como Brasília, cuja área foi estudada de 1954 a 1955 pela firma norte-americana Donald J. Belcher and Associates Ithaca, N.Y., sofra com o problema da erosão, uma vez que os estudos foram feitos nas áreas de geologia, hidrologia, solos para agricultura e para engenharia. Pois na época, os técnicos alertavam aos engenheiros civis sobre a susceptibilidade da área à erosão.

Silva, 1986 *apud* Martins, 2005 identificou alguns focos de processos erosivos na área do Distrito Federal, na época que o DF (Distrito Federal) era dividido em 8 (oito) regiões administrativas (RA). A distribuição dos focos erosivos, na época, se concentrava nas seguintes regiões administrativas: RA (I) – Brasília, com 20 focos erosivos; RA (II) – Gama, com 12 focos erosivos; RA (III) - Taguatinga/Ceilândia, com 08 focos erosivos; RA (IV) – Brazlândia, com 07 focos erosivos; RA (V) – Sobradinho, com 07 focos de erosão; RA (VI) – Planaltina ,com 03 processos erosivos; e finalizando as RA (VII) e (VIII) – Paranoá e Jardim, onde foram identificados 27 focos de processos erosivos.

Mortari (1994) estudou 08 erosões localizadas na porção oeste e norte de Brasília, concentrando-se mais na porção oeste, nas proximidades das cidades satélites de Ceilândia, Taguatinga e Samambaia, áreas bastante afetadas pelas erosões na época. Concluindo que o modelo encaixado seria o modelo que melhor traduziria o processo evolutivo das erosões no DF.

Oliveira (2002) cadastrou 48 processos erosivos, na dissertação intitulada “Utilização do geoprocessamento no cadastro das erosões das porções central e sudoeste do Distrito Federal”, com a seguinte distribuição dos processos erosivos: RA (I) – Brasília, com 03 processos erosivos; RA (II) – Gama, com 07 processos erosivos; RA (III) – Taguatinga, 07

processos erosivos; RA (VIII) – Núcleo Bandeirante, com 10 processos erosivos; RA (IX) – Ceilândia, com 04 processos erosivos; RA (XII) – Samambaia, com 07 processos erosivos; RA (XIII) – Santa Maria, com 02 processos erosivos; RA (XV) – Recanto das Emas, com 05 processos erosivos; RA (XVI) – Lago Sul, com 02 processos erosivos e RA (XVII) – Riacho Fundo, com 01 processo erosivo.

Martins (2005), por sua vez, cadastrou 1252 processos erosivos na dissertação intitulada "Cadastro georreferenciado de erosões no Distrito Federal": RA (I) – Brasília, com 33 processos erosivos; RA (II) – Gama, com 83 processos erosivos; RA (III) – Taguatinga, 26 processos erosivos; RA (IV) – Brazlândia, 92 processos erosivos; RA (V) – Planaltina, 190 processos erosivos; RA (VI) – Paranoá, 167 processos erosivos; RA (VII) – Sobradinho, 188 processos erosivos; RA (VIII) – Núcleo Bandeirante, com 34 processos erosivos; RA (IX) – Ceilândia, com 108 processos erosivos; RA (X) – Guará, com 06 processos erosivos; RA (XI) – Cruzeiro, com 01 processo erosivo; RA (XII) – Samambaia, com 30 processos erosivos; RA (XIII) – Santa Maria, com 17 processos erosivos; RA (XIV) – São Sebastião, com 183 processos erosivos; RA (XV) – Recanto das Emas, com 32 processos erosivos; RA (XVI) – Lago Sul, com 23 processos erosivos; RA (XVII) – Riacho Fundo, com 25 processos erosivos e RA (XVIII) – Lago Norte, com 14 processos erosivos.

O que era no passado alguns destes processos erosivos, hoje com o avanço da ocupação a incidência de processos erosivos também cresceu em número e magnitude, tanto nas áreas urbanizadas quanto nas áreas de expansão urbana.

Sendo assim, aborda-se no presente trabalho a ocorrência de processos erosivos e seus fatores condicionantes no Distrito Federal, situado no Planalto Central do Brasil, compreendendo uma área de 5.814 km^2, limitando-se ao norte pelo paralelo 15º30' de latitude sul, a leste pelo rio Preto, ao sul pelo paralelo de 16°03' de latitude sul e oeste pelo rio Descoberto.

Neste sentido, o presente trabalho visa contribuir ao entendimento dos fatores condicionantes, formação, distribuição espacial e evolução dos processos erosivos lineares no Distrito Federal. Para isso, aplicou-se a metodologia de compartimentação morfopedologica, além das informações obtidas a partir do cadastro georreferenciado e dos produtos de sensoriamento remoto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar e determinar os principais fatores condicionantes dos processos erosivos regionais no Distrito Federal por meio da aplicação da abordagem morfopedológica, a inter-relação entre solo, relevo e substrato rochoso, principalmente das ravinas de grandes dimensões e voçorocas, que são as mais impactantes na área de estudo, auxiliando desta forma na criação de um plano de ação eficaz de recuperação dessas áreas.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criação do banco de dados georreferenciados das feições erosivas no Distrito Federal;
- Identificar os principais condicionantes dos processos erosivos lineares;
- Analisar a interação da ocupação com o meio físico;
- Avaliar a relação entre a ocupação do solo e as áreas submetidas aos processos erosivos, visando constatar o nível de alteração antrópica a partir das diferentes intervenções;
- Montar uma base de dados digitais;
- Diferenciar e descrever os compartimentos morfopedológicos, bem como identificar possíveis hipóteses para explicar a gênese e evolução dos processos erosivos;
- Caracterizar a susceptibilidade à erosão linear de cada compartimento, a fim de compreender os diferentes graus de suscetibilidade a que o Distrito Federal está submetido.

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescimento desordenado do Distrito Federal causou a retirada de mais de 50% da cobertura vegetal nos últimos 44 anos, provocando o aumento de erosões lineares em toda a região, acarretando diversos problemas ambientais, econômicos, etc. É por esta e outras razões que é importante o entendimento dos fatores condicionantes, formação, distribuição espacial e evolução dos processos erosivos lineares no Distrito Federal, para a identificação das condições sob as quais ditas feições são instáveis, possibilitando a prevenção contra a ocorrência de possíveis danos, para a elaboração de planos de controle

e projetos de recuperação, prevenção e contenção dos processos erosivos lineares e, ao mesmo tempo, permitir reverter algumas tendências antes que as mesmas adquiram maior intensidade, ou então minimizar os efeitos de um determinado processo que venha a ser desencadeado.

Assim, este trabalho justifica-se na necessidade de identificar e entender os principais fatores que desencadeiam as erosões lineares no Distrito Federal. Para tal, se torna necessária à utilização de uma metodologia apropriada apoiada um banco de dados georreferenciado e compartimentação morfopedológica, para o entendimento da inter-relação entre solo, relevo e substrato rochoso dos processos erosivos regionais no Distrito Federal, como forma de atingir o objetivo do trabalho.

1.3 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos descritos sucintamente a seguir:

O capítulo 1 apresenta a introdução, justificativa, objetivos geral e específicos da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a abordagem teórica sobre degradação do solo, erosão, tipos de erosão, cartografia geotécnica, análise e técnicas de geoprocessamento e compartimentação morfopedologica.

O capítulo 3 apresenta os materiais empregados, a metodologia utilizada e programas utilizados na sua realização.

O capítulo 4 expõe as características físicas do Distrito Federal: abordando-se a geologia, a geomorfologia, a geologia estrutural, a pedologia, a hidrologia, o clima e a vegetação que ocorrem na região.

O capítulo 5 apresenta a análise dos resultados do trabalho referente ao cadastro georreferenciado de erosões e compartimentação morfopedológica no Distrito Federal.

No capítulo 6 apresenta as conclusões obtidas e as sugestões para futuras pesquisas.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no decorrer desta pesquisa.

Capítulo

2

Marco teórico

Os conceitos e princípios adotados neste capítulo constituíram as bases teóricas e técnicas operacionais do estudo desenvolvido e correspondem também a um subproduto importante desta pesquisa, sem os quais não seria possível realizá-la. Os itens abordados serão: conceitos e fatores de formação de solos, conceitos e tipos de erosões, erosão urbana, abordagem morfopedológica, princípios e metodologias da cartografia geotécnica, sistemas de informação e técnicas de geoprocessamento e cadastro multifinalitário e suas características.

2.1 CONCEITOS E FATORES DE FORMAÇÃO DE SOLOS

O solo constitui o recurso natural básico de uma nação. É um recurso renovável, se conservado e usado devidamente, sendo que seu uso indevido tem na erosão uma das mais nefastas degradações do recurso terra, DAEE/IPT (1989).

Segundo Salomão & Antunes (1998), o solo, dependendo dos objetivos e enfoques científicos, tem sido interpretado de maneiras diversas: a) para a geologia o solo é um produto do intemperismo físico e químico das rochas; b) para a engenharia civil, o solo constitui todo material escavável, que perde sua resistência quando em contato com a água e; c) para a agronomia, o solo representa uma camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana.

Estudos sobre solos demonstram que sua origem e evolução sofrem a influência de cinco fatores (Salomão & Antunes, 1998):

- Clima, condicionando principalmente a ação da água da chuva e da temperatura;
- Material de origem, condicionando a circulação interna da água e a composição e conteúdo mineral;
- Organismos, vegetais e animais, interferindo no microclima, formando elementos orgânicos e minerais e modificando as características físicas e químicas;

- Relevo, interferindo na dinâmica da água, no microclima e nos processos de erosão e sedimentação.
- Tempo, transcorrido sob ação dos demais fatores.

A superfície da terra, onde se desenvolve a quase totalidade das atividades humanas, é em geral coberta por solos. O solo é uma camada viva, no sentido do processo permanente da sua formação, a partir da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, químicos e orgânicos. Este processo acontece ao longo de centenas de anos e é contrabalançado pelo processo de erosão, que remove seus constituintes, sobretudo pela ação da água de chuvas. Portanto, na superfície da terra há um quadro extremamente dinâmico no qual diversos processos atuam de forma contraditória, formando e erodindo os solos. Este é um quadro que reflete certo equilíbrio na natureza e, neste quadro a erosão é considerada como erosão normal. Entretanto, às vezes, esse equilíbrio é rompido com uma intensificação da erosão quando, então, se considera uma erosão acelerada que, sendo mais veloz que os processos de formação dos solos, não permite que os solos se regenerem.

Nesse quadro de desequilíbrio observa-se a perda das diversas camadas ou horizontes do solo sucessivamente até que aflorem as rochas subjacentes. A perda total do solo constitui um altíssimo índice de degradação da superfície da terra, impedindo a realização de importantes atividades humanas, como o uso agrícola do solo, embora esta erosão acelerada, quando desencadeada por alterações das condições geológicas ou climáticas, aconteça ao longo de milhares de anos.

A erosão acelerada, quando provocada pelo homem, pode ocorrer em poucos anos; essa, quando induzida por atividades humanas, é conhecida por erosão antrópica (DAEE/IPT, 1989). Em termos gerais, os processos erosivos podem ser naturais ou de origem antrópica.

2.1.1 PERFIL DE SOLO

O solo é dividido em camadas horizontais, chamados de horizontes. As características que podem ser levadas em conta para diferenciação dos horizontes dependem do conhecimento da pessoa que está realizando o trabalho e são baseados em alguns critérios como textura, cor, consistência, estrutura, atividade biológica, tipo de superfície dos agregados, etc.

Normalmente o solo possui três horizontes bem fáceis de distinguir, o horizonte O, que representa a matéria orgânica presente na superfície; o horizonte A, que representa a região

em que o solo perde material para as camadas mais profundas e o horizonte B, local em que geralmente se acumulam os materiais minerais e/ou orgânicos migrados de outros horizontes (Salomão & Antunes, 1998).

Outras camadas importantes para se distinguir um perfil de solo são o horizonte C, e R, caracterizados pela rocha matriz decomposta (C) e não decomposta (R). No exame do perfil do solo três variáveis são de fácil identificação: cor, textura e consistência, podendo ser realizadas no campo e por pessoas sem experiência nesta área.

A cor é uma das características que mais chamam a atenção, devido à facilidade de observação das varias tonalidades de coloração existentes no perfil, permitindo uma rápida delimitação dos horizontes.

Segundo Salomão & Antunes, 1998, na determinação da cor do solo três são os fatores predominantes; a matéria orgânica, que confere uma cor escura; o ferro, que confere um tom avermelhado ou amarelado e a quantidade de sílica (quartzo), que clareia o horizonte. Ou seja, quanto mais escuro (negro) for o solo, mais matéria orgânica ele possui; quanto mais vermelho ou amarelo, mais compostos de ferro e quanto mais claro (branco), mais quartzo terá. Isto é valido como regra geral, mas no caso do horizonte glei, caracterizado pela intensa redução de Fe e formado sob condições de excesso de água, fundamentalmente à drenagem imperfeita, que dificulta o processo de lixiviação. Assim, este tipo de solo pode ser um horizonte B, ou raramente A.

A textura do solo refere-se às proporções dos grupos de grãos que formam o solo, ou seja, a proporção de argila, silte e areia. Na prática o conhecimento da textura é feito mediante a manipulação do solo úmido entre os dedos, o que dará uma idéia, pela manipulação táctil, da predominância das frações granulométricas finas e grosseiras.

A consistência do solo é a última variável de fácil identificação no campo e é dividida em seca, úmida, molhada e cimentada. Estas classes são expressas pelo grau de adesão ou pela resistência à deformação.

As Figuras 2.1 e 2.2 apresentam perfis esquemáticos de solo, muito comuns em formações geológicas cristalinas e areníticas, ilustrando a representação sob o enfoque da pedologia e da geotecnia.

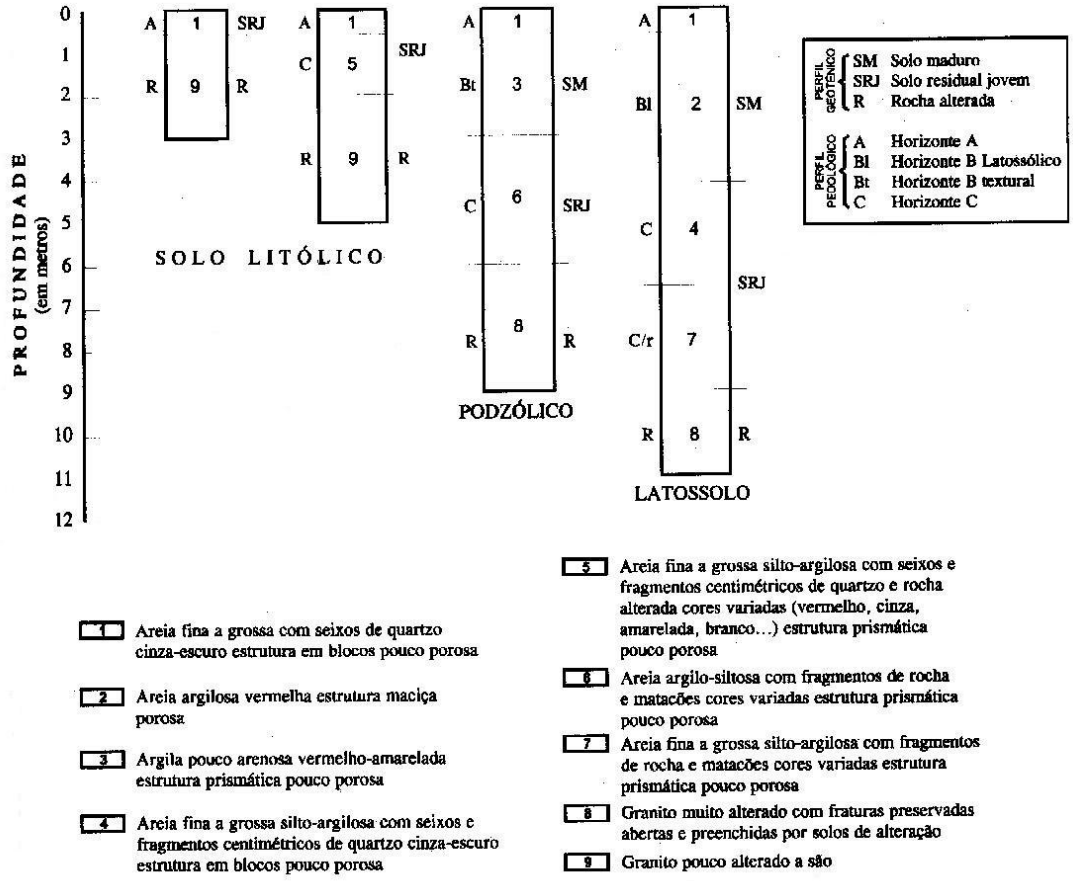


Figura 2.1 - Perfis esquemáticos de diferentes solos em substrato de granito, com nomenclatura pedológica e geotécnica. Fonte: Salomão & Antunes (1998).

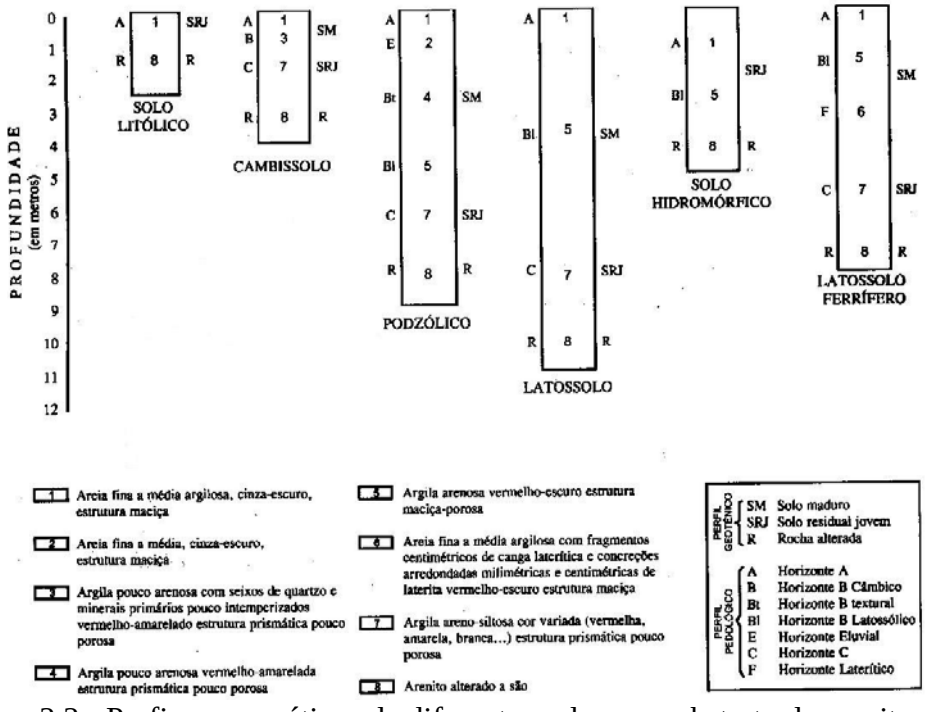


Figura 2.2 - Perfis esquemáticos de diferentes solos em substrato de arenito, com nomenclatura pedológica e geotécnica. Fonte: Salomão & Antunes (1998).

2.2 EROSÃO

O termo erosão originou-se, do latim *erodere*, e significa erodir. Segundo IPT (1986) é o processo de desagregação ou desgaste da superfície terrestre e remoção de partículas de solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem. No Brasil, a água é o mais importante agente de erosão dos solos, onde atuam a chuva, os córregos, os rios, os lagos e os mares.

A principal causa da degradação das terras agrícolas é a erosão dos solos, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste de suas partículas, causados pela ação da água e do vento. Dentre as formas de erosão, a hídrica é, em grande parte do nosso planeta, a mais importante forma de erosão (Zachar, 1982 *apud* Martins, 2005). Esta é causada pela chuva e pelo escoamento superficial, sendo afetada por um grande número de agentes naturais e antrópicos.

No Brasil, a erosão hídrica conta com um fator agravante que é o clima tropical, sendo a chuva, o fator climático de maior importância na erosão dos solos. Portanto, este capítulo é direcionado ao estudo da erosão provocada pelas águas da chuva.

Conforme Bertoni & Lombardi Neto (1999), as gotas de chuva contribuem para o processo erosivo de três formas: a) desprendimento de partículas do solo, b) transporte, por salpicamento, das partículas desprendidas e c) imprimem energia, em forma de turbulência, ao fluxo superficial.

2.2.1 TIPOS DE EROSÃO HÍDRICA

De acordo com Infanti Junior & Fornasari Filho (1998), a erosão hídrica ou erosão pela água, é o processo erosivo do solo deflagrado pelas chuvas e compreende basicamente os seguintes mecanismos: impactos das chuvas, que provoca a degradação das partículas; remoção e transporte pelo escoamento superficial, e deposição dos sedimentos produzidos, formando depósitos de assoreamento.

Dependendo da forma como se processa o escoamento superficial, ao longo de uma encosta, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: **erosão laminar**, ou em lençol, causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo, sendo a erosão menos notada e, por isso, a mais perigosa, e a **erosão linear**, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas

de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno, em forma sulcos, que pode evoluir, por aprofundamento, para ravinas (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

2.2.1.1 EROSÃO LAMINAR

O processo de erosão laminar ou por escoamento laminar caracteriza-se por uma remoção uniforme do solo, ao longo da vertente, causado por um fluxo uniformemente distribuído. A ação da erosão laminar é de difícil percepção, mas muito prejudicial à agricultura, pois junto com as partículas da superfície do solo são carreados nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, expondo as raízes mais superficiais e deixando o solo com baixa fertilidade, o que provoca a queda da produção agrícola. O controle da erosão laminar é feito por meio de práticas de conservação do solo tais como rotação de culturas, terraços etc. Na Figura 2.3 pode-se observar uma feição erosiva do tipo laminar com inicio de um processo de erosão linear por sulcos.

Figura 2.3 - Feição erosiva do tipo laminar com inicio de erosão linear por sulcos
Fonte: Souza (1996)

2.2.1.2 EROSÃO LINEAR

O processo de erosão linear caracteriza-se pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial (enxurrada), resultando incisões na superfície do terreno. As principais feições que caracterizam a **erosão linear** são sulcos, ravinas e voçorocas.

Os **sulcos** surgem com a concentração do fluxo d'água em caminhos preferenciais, arrastando as partículas e aprofundando os sulcos (IPT, 1991); os sulcos podem ser mais facilmente corrigidos pelo manejo do solo (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Feição erosiva do tipo Sulco
Fonte: Souza (1996)

As **ravinas** (Figura 2.5) é o aprofundamento do sulco, são formadas apenas pelo escoamento superficial concentrado de água, onde atuam mecanismos de desprendimento de material dos taludes laterais, que geram o alargamento da feição erosiva, podendo atingir vários metros, Carvalho & Diniz (2005).

Figura 2.5 - Feição erosiva do tipo Ravina
Fonte: Souza (1996)

As **voçorocas** são feições geralmente ramificadas que combinam a ação do escoamento superficial à ação das águas de subsuperfície, proporcionando a aceleração e a complexidade do processo. Constitui a última fase da erosão linear com participação ativa da água subterrânea, Carvalho & Diniz (2005).

2.2.1.3 VOÇOROCAS

As voçorocas constituem a expressão mais marcante e complexa do processo erosivo. Na voçoroca atuam, além do escoamento superficial, processos de erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos (DAEE/IPT, 1989). As voçorocas normalmente têm origem em sulcos e ravinas que aumentam de dimensão devido à ação erosiva de águas superficiais (Figura 2.6). O processo de erosão interna (*piping*) ocorre nas voçorocas. O seu mecanismo de atuação é muitas vezes complexo e o seu reconhecimento

no campo nem sempre é fácil. Os fenômenos de desabamentos, descalçamentos e solapamentos que ocorrem nas voçorocas estão intimamente ligados ao processo de *piping* (DAEE/IPT, 1989).

As voçorocas apresentam elevado poder destrutivo e suas dimensões podem atingir até dezenas de metros de largura e profundidade, com várias centenas de metros de comprimento.

Figura 2.6 - Feição erosiva do tipo voçoroca

2.2.2 FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS

A erosão é resultado da combinação, basicamente, de dois conjuntos de fatores ou condicionantes principais: os fatores naturais, que determinam a intensidade dos processos, destacando-se como mais importantes à chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solos, o substrato rochoso, e os fatores antrópicos, tais como, o desmatamento e formas de uso de ocupação do solo (agricultura, obras civis, urbanização, etc). Os fatores podem atuar de forma independente ou estarem interligados entre si, apresentando grande variabilidade espacial e temporal.

2.2.2.1 CHUVA

Para Bertoni & Lombardi Neto (1999), a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. A capacidade da chuva em provocar erosão é dita erosividade, que é função da intensidade, duração e freqüência da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão. Quanto maior a intensidade, maior as perdas por erosão.

A água de chuva provoca erosão pelo impacto das gotas de água sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do fluxo concentrado das águas de escoamento superficial. Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica do evento chuvoso (chuva acumulada e intensidade de chuva) (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

A água da chuva que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões, ou se infiltrar, contribuindo, dessa forma, para aumentar a capacidade de armazenamento de água nos solos. Este processo vai ser influenciado pelas propriedades do solo, características das chuvas (intensidade, duração, freqüência, etc.), tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das encostas e microtopografia da superfície do terreno (Evans, 1980; Thornes, 1980; De Ploey & Poesen, 1985; Guerra, 1991, 1996 e 1998; Coelho Netto, 1998 *apud* Guerra, Silva & Botelho 1999).

2.2.2.2 RELEVO

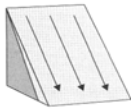
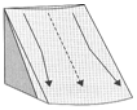
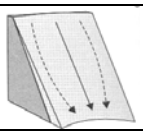
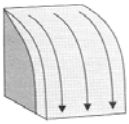
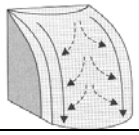
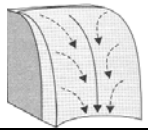
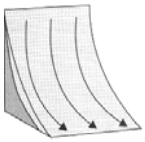
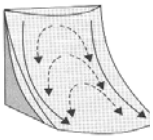
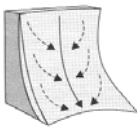
Segundo DAEE/IPT (1989), o relevo também é um fator natural que determina velocidades dos processos erosivos. Maiores velocidades de erosão podem ser mais esperadas em relevos acidentados, como morros, do que em relevos suaves, como colinas aplainadas, pois a declividade aumenta a velocidade de escoamento das águas, e conseqüentemente a sua capacidade erosiva. A declividade tem tanto maior importância quanto maior for o trecho percorrido da encosta. Por isso, a influência da topografia na erosão é analisada pela ponderação de dois fatores: declividade e comprimento da encosta.

A influência do relevo na intensidade erosiva verifica-se, principalmente, pela declividade e comprimento de rampa, da encosta ou da vertente, que interferem diretamente na velocidade de escoamento superficial das águas pluviais. Os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva, porém uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita à grande vazão do escoamento das águas (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

A Tabela 2.1 ilustra as formas geométricas das vertentes, em que o comprimento da vertente é medido ao longo da direção de maior inclinação, de cima para baixo, e a largura da vertente é medida transversalmente. Analisando a Tabela 2.1 como uma matriz, a forma mais simples é aquela de comprimento e largura retilíneos, como é apresentado no caso 1.

As superfícies dos casos 2, 3, 4 e 7 têm comprimento retilíneo com largura curva (2 e 3) ou largura retilínea com comprimento curvo (4 e 7). As superfícies mais complexas têm comprimento curvo e largura curva (5, 6, 8 e 9) (Ruhe, 1975 *apud* Romão, 2006).

Tabela 2.1 - Geometria e declividades em encostas retilínea, convexa e côncava (modificado - Rodrigues, 1982)

Caso	Geometria e declividade	Descrição
1		Vertente retilínea nos sentidos vertical e horizontal
2		Vertente retilínea no sentido vertical e convexa no sentido horizontal
3		Vertente retilínea no sentido vertical e côncava no sentido horizontal
4		Vertente convexa no sentido vertical e retilínea no sentido horizontal
5		Vertente convexa nos sentidos vertical e horizontal
6		Vertente convexa no sentido vertical e côncava no sentido horizontal
7		Vertente côncava no sentido vertical e retilínea no sentido horizontal
8		Vertente côncava no sentido vertical e convexa no sentido horizontal
9		Vertente côncava nos sentidos vertical e horizontal

2.2.2.3 COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), o efeito da vegetação pode ser:

- Proteção direta contra o impacto das gotas de chuva;
- Dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo;
- Decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumenta a infiltração da água;
- Melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água;
- Diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

A cobertura vegetal natural ou determinada pelo tipo de cultura agrícola propicia certa proteção aos terrenos. Essa proteção se dá pela redução do impacto direto das gotas de chuva no solo, interceptadas pela folhagem e pela redução do escoamento superficial, diminuindo a capacidade das águas removerem e transportarem partículas de solo (DAEE/IPT, 1989).

2.2.2.4 TIPO DE SOLO

Entre as principais propriedades do solo, que conferem maior ou menor resistência à ação erosiva das águas, ou seja, a erodibilidade, destaca-se a textura, a estrutura e a permeabilidade (Bertoni & Lombardi, 1985 *apud* Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

A textura, ou seja, o tamanho das partículas, influi na capacidade de infiltração e absorção d'água da chuva, interferindo no potencial de enxurradas no solo e também na maior o menor coesão entre partículas. Assim, os solos de textura arenosa são normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das chuvas e dificultando o escoamento superficial; entretanto, como possuem baixa proporção de partículas argilosas, apresentam maior facilidade para a erosão, que se verifica mesmo em pequenas enxurradas (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam às partículas do solo, influem na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva, e na capacidade de arraste de partículas do solo. A permeabilidade determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas da chuva, estando diretamente relacionada com a porosidade do solo. Em geral, os solos arenosos são mais permeáveis que os solos argilosos, por serem mais porosos; entretanto, em alguns casos, dependendo da estruturação do solo, solos argilosos podem se apresentar altamente porosos e até mais permeáveis que solos arenosos (Salomão e Iwasa, 1995).

No caso dos solos argilosos do DF, denominados de “argila porosa vermelha” pelos geotécnicos da região, se caracterizam pela pouca diferenciação entre os horizontes em termos texturais, elevada porosidade e comportamento similar ao dos solos arenosos no que se refere à permeabilidade, devido a sua gênese; têm como seus principais minerais constituintes a caulinita, a gibbsita e a illita (Cardoso, 2002). O processo de lixiviação proporciona a quase ausência das bases (Ca, Mg, K, Na) e os elevados teores de Fe e Al, restando materiais em estado avançado de intemperismo que apresentam uma estrutura porosa com partículas geralmente ligadas por pontes de argila (Paixão & Camapum de Carvalho, 1994; Cardoso, 1995 e Araki, 1997).

Outra característica importante do solo, relacionada ao comportamento erosivo, é a sua espessura. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superficiais, permitindo o desenvolvimento de enxurradas e, conseqüentemente, maior incidência de erosões. Os solos profundos apresentam maior capacidade de infiltração das águas pluviais, não favorecendo o desenvolvimento de enxurradas, sendo, portanto, menos erodíveis. Porém, em casos de chuvas persistentes e prolongadas, é possível a saturação de grande parcela dos horizontes desse solo. Isto possibilita que, nos locais de regime de escoamento concentrado, acabem se desenvolvendo erosões de grande porte, atingindo profundidades de dezenas de metros (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

A erosão não é a mesma em todos os solos, pois as propriedades físicas e as características químicas, biológicas e mineralógicas do solo exercem diferentes influências (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). A matéria orgânica retém duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, com diminuição das perdas por erosão.

2.2.2.5 SUBSTRATO ROCHOSO

As características litológicas do substrato rochoso, associadas á intensidade do intemperismo e à natureza da alteração e grau de fraturamento, condicionam a suscetibilidade do material à erosão.

As principais áreas de ocorrência de voçorocas no País estão associadas às áreas de ocorrência das formações geológicas sedimentares, cujas coberturas pedológicas correspondem a materiais arenosos (solos podzólicos, latossolos ou depósitos alúvio-coluvionares).

Em áreas de rochas pré-cambrianas, modeladas em relevo de colinas, as voçorocas e ravinas estão, geralmente, associadas à natureza e constituição dos solos de alteração de

rochas xistosas e graníticas que, quando apresentam textura siltosa e micácea, são bastante porosos, permeáveis e friáveis, favorecendo o desenvolvimento de intenso processo erosivo. As ravinas são mais comuns nas áreas de relevo com grande variação altimétrica e estão associados, freqüentemente, aos processos de escorregamentos em encostas naturais, (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

2.2.2.6 AÇÃO ANTRÓPICA

A intervenção humana é decisiva para a aceleração dos processos e, portanto, exige a determinação das formas e das práticas de uso e ocupação mais adequadas possíveis, para que essa aceleração seja minimizada e para que os processos erosivos sejam controlados (DAEE/IPT, 1989).

Os fatores condicionantes antrópicos são representados pelo desmatamento e formas de uso e ocupação do solo, tais como agricultura, obras civis, urbanização, entre outros, que deflagram o processo erosivo imediatamente, ou após certo intervalo de tempo (Infanti Junior & Fornasari Filho, 1998).

Embora tais fenômenos sejam considerados naturais, o tipo de uso e a ocupação do solo podem influenciar tanto na aceleração da erosão quanto no seu controle, portanto processos como esses são o estágio final da degradação dos solos e, conseqüentemente, do ambiente.

Em áreas rurais as taxas de erosão aumentam em freqüência e magnitude, principalmente em terrenos que são deixados descobertos durante boa parte do ano ou mesmo em áreas em que ocorre o superpastoreio, causando o excessivo aumento da densidade do solo pelo pisoteio do gado. Essas práticas tendem a aumentar de forma significativa às taxas de erosão acelerada.

2.3 EROSÃO URBANA

Na origem, a erosão urbana está associada à falta de planejamento adequado, que considere as particularidades do meio físico, as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento da área urbana.

Este desenvolvimento amplia as áreas construídas e pavimentadas, aumentando substancialmente o volume e velocidade das enxurradas e, desde que não dissipadas, concentra os escoamentos, acelerando os processos de desenvolvimento de ravinas e voçorocas (Salomão & Iwasa, 1995).

Estudos de controle da erosão urbana exigem perfeita caracterização dos fatores e mecanismos relacionados às causas do desenvolvimento dos processos erosivos. Dentre as principais causas do desencadeamento e evolução dos processos nas áreas urbanas, podem ser destacados:

- O traçado inadequado do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas;
- Deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas (tanto nas formas de captação como na dissipação);
- Expansão urbana descontrolada, com a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados, sob o ponto de vista geotécnico e agravado pela deficiência de infra-estrutura.

As soluções de correção dos problemas erosivos em áreas urbanas, passam pela necessidade de desenvolvimento de soluções normativas de projetos de obras adequadas para cada situação de meio físico encontrado.

2.4 ABORDAGEM MORFOPEDOLÓGICA

Em primeiro lugar, aborda-se os dois ramos do conhecimento, que são a base da morfopedologia.

Pedologia (do grego e latim *ped* ou *pedon* = terra onde se pisa, *logos* = estudo), é um termo erudito criado para designar o ramo do conhecimento das ciências da natureza que estuda os solos. É interessante verificar que a importância do relevo para esses se acha explicitada na própria definição dos fatores responsáveis pela sua gênese.

O termo **Geomorfologia** (do latim *geo* = terra, *morfo* = forma, *logos* = estudo) também é erudito e recente, designando o ramo do conhecimento das ciências da natureza que estuda as formas dos relevos. Ao contrário da pedologia, que situa o relevo na sua conceituação de solo, a importância ou o papel que este desempenharia para os relevos não foram nunca colocados de modo explícito pela geomorfologia.

Kügler em 1976, citado por Casseti (1995), define a geomorfologia como um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais.

Segundo Queiroz Neto (2003), na procura da compreensão das relações entre os solos e os relevos é preciso superar certas idéias preconcebidas, a principal delas que diz haver uma oposição entre os processos de pedogênese (alteração das rochas, formação dos solos) e de morfogênese (erosão, esculturação/esculpimento das formas de relevo): ambos podem ser simultâneos e, mais que isso, podem agir concomitantemente.

Na realidade, a busca do entendimento das relações entre os dois objetos, solo e relevo, passa pela compreensão dos processos dinâmicos (intemperismo) que agem na parte superficial da crosta, responsáveis pela elaboração dos relevos e gênese dos solos, isto é, morfogênese (entendida como processos erosivos) e da pedogênese (entendida como processos físicos, químicos e biológicos relacionados à alteração das rochas) (Queiroz Neto, 2003). Algumas definições de morfopedologia serão citadas a seguir:

Segundo Castro & Salomão, (2000) *apud* Lohmann, (2005), a morfopedologia pode ser definida como o produto da relação entre o substrato rochoso, os solos e o relevo. Assim, segundo a inter-relação o substrato rochoso, os solos e o relevo e em escala de mais detalhe, pode caracterizar e expressar ordens de grandeza intermediárias ou pequenas, conhecidas como morfopedológicas.

As características, sua distribuição espacial e os processos bio-geoquímicos que ocorrem no solo são o resultado de interações e retroações entre, a geologia e geomorfologia, evolução da terra, natureza dos materiais, drenagem, e uso de solo, etc. (Julien *et al*., 2005).

Em conclusão, a morfopedologia é a compartimentação do terreno, a qual combina a classificação baseada na natureza e origem dos rasgos topográficos (geomorfologia), com a classificação do solo (pedologia), sem deixar do lado à geologia.

Segundo Castro & Salomão em 2000, citado por Lohmann, (2005), a proposta de Ab'Saber apontava três níveis para o entendimento do meio físico. O primeiro permite o conhecimento dos compartimentos topográficos que revelam como se configuram as formas de relevo. O segundo permite a apreensão e estudo específico dos materiais dos processos que atuaram na elaboração das formas (morfogênese) no tempo (morfocronologia) e o terceiro possibilita a dedução do comportamento atual da paisagem (no caso a morfopedologia), a partir dos dois anteriores e também de estudos experimentais e medidas diversas, sobretudo dos agentes intervenientes.

Segundo Barbalho (2002), se os compartimentos morfopedológicos forem correlacionados ao histórico do uso da terra, uso da terra atual e a um problema específico decorrente e relativo a um ou mais dos seus componentes físicos e suas conseqüências de modo mais *físico reconhecíveis em médias e grandes escalas.*

Muitos trabalhos têm demonstrado estreita relação entre a disposição do relevo e os solos resultantes, o que tem cada vez mais consolidado a morfopedologia enquanto disciplina a exemplo do trabalho desenvolvido por Capellari (1998) que desenvolveu uma metodologia para o diagnóstico morfopedológico aplicado na identificação das zonas com riscos de erosão em São Pedro – São Paulo. Nakashima (1999) elaborou um trabalho na região noroeste do Paraná utilizando essa abordagem produzindo o mapa de sistemas pedológicos. Da mesma forma, Barbalho (2002) elaborou a compartimentação morfopedológica da Alta Bacia do Rio Araguaia (GO) com vistas ao entendimento dos processos erosivos lineares. Ribeiro (2001) utilizou abrangente, então passariam a contribuir na explicação genético-evolutivo e nas inter-relações têmporo-espaciais específicas entre a sociedade e a natureza.

O diagnóstico morfopedológico tem como objetivo delimitar unidades da paisagem e/ou compartimentos a partir dos processos complexos de morfogênese e pedogênese explicitamente relacionados entre si, que lhe conferem uma dinâmica de evolução específica. Estes processos variam em função da declividade, da natureza das rochas, do material superficial, do clima, da formação vegetal e do solo (Barbalho, 2002).

Tricart & Kilian em 1978, citado por Ribeiro & Salomão (2003), concluem que a morfopedologia permite cartografar unidades relativamente homogêneas, produtos da inter-relação entre substrato geológico, relevo e solos, que constituem *unidades temporo-espaciais e intrínsecas do meio* a mesma abordagem como subsídio ao diagnóstico e prevenção dos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do Alto Rio da Casa (MT). Com uma abordagem um pouco diferenciada, Silva (2000) também utilizou a caracterização morfopedológica para explicar às implicações ecológico-ambientais da bacia do Rio Formoso-Bonito – MS.

Levando-se em consideração a abordagem morfopedológica, percebe-se que a mesma possui importância fundamental nos estudos envolvendo os fatores do meio físico. Aliando-se essa concepção ao histórico do uso da terra e uso atual pode-se propor medidas que venham melhorar o uso e ocupação do meio físico, em especial dos solos e do relevo fundamentado em modelos mais adequados quanto às formas de uso e manejo ambiental.

Sendo assim, a compartimentação morfopedológica pode ser a base fundamental e inicial para a identificação dos diferentes riscos ao uso e ocupação, revelando-se como instrumento para os programas de controle preventivo e corretivo de uso do solo (Barbalho, 2002; Castro & Salomão, 2000 *apud* Lohmann, 2005).

2.5 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

A cartografia é uma ciência que tem origens muito remotas, e surgiu da necessidade das comunidades nômades registrarem os locais e percursos pelos quais andavam. Mais adiante, o comércio, as descobertas e conquistas exigiram cartografia cada vez mais precisa e detalhada. Porém, as grandes incentivadoras da pesquisa e do desenvolvimento de métodos, instrumentos e produtos que permitissem aprimorar a cartografia foram historicamente as contendas bélicas.

O dicionário cartográfico de Oliveira & Cêurio (IBGE – 1993 *apud* Erba *et al*., 2005) define cartografia como o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, visando à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, bem como a sua utilização.

2.5.1 PRINCÍPIOS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Os termos mapa e carta referem-se aos documentos cartográficos que reúnem as informações pertinentes a um ou mais aspectos do meio ambiente (meio físico, meio biótico e meio antrópico) e que são utilizados pelos usuários para as mais diversas finalidades (obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados). Eles são utilizados em muitos casos como sinônimos, mas as palavras têm origens diferentes. Mapa vem do latim *mappa*; carta, do latim *charta*, latinização do grego *khartes*. Além da origem, eles apresentam diferenças quanto ao uso. Mapa é o registro de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente em questão, sem interpretação, e carta refere-se a um documento cartográfico com representação das informações, ou seja, das interpretações e associações dos dados nos mapas, (Zuquette & Gandolfi, 2004).

Segundo Souza (2004), um mapa geotécnico mostra que a distribuição e relações espaciais destes componentes básicos podem refletir a história, como também a dinâmica do desenvolvimento das condições geotécnicas, permitindo prognosticar a influência do

ambiente na obra, como também prever em qual aspecto a obra interferirá com o ambiente. Evidentemente tais mapas não podem substituir uma investigação detalhada local, mas poderão auxiliar no projeto racional da investigação local e na interpretação dos resultados.

Para Souza (2004), um mapa geotécnico deve satisfazer as seguintes exigências:

- Retratar as informações objetivas necessárias para avaliar as características geotécnicas relativas ao planejamento regional, a seleção do lugar e método mais adequado de construção e mineração;
- Fazer o possível para prever as variações na situação geológica induzida pelo empreendimento proposto e para sugerir medidas preventivas necessárias;
- Apresentar informações de forma a facilitar o entendimento por profissionais que o usarão, os quais podem não ser geólogos.

Um mapa geotécnico requer, para a sua realização, operações e transformações físicas de adição, seleção, generalização e transformações de informações especializadas, relativas à litologia, à estrutura dos solos e rochas, à hidrogeologia, à geomorfologia e aos processos geológicos, entre outros.

Segundo Diniz (1998), a cartografia geotécnica pode ser considerada genericamente como a técnica de integração, síntese e representação de informações temáticas da área de geologia de engenharia, voltada para o planejamento e gestão ambiental urbana e territorial.

De acordo com Zuquette & Gandolfi (2004), duas correntes de trabalho têm exercido grande influência no Brasil: a de língua francesa (*Cartographie Geotechnique*) e a dos países de língua inglesa (*Engineering Geological Mapping*). Diante disto, originaram-se as denominações da cartografia geotécnica e mapeamento geotécnico, respectivamente. Onde o termo cartografia geotécnica refere-se à elaboração do produto cartográfico e não à obtenção das informações e dados geotécnicos.

Embora possa ser aplicada ao planejamento tanto urbano quanto regional, a cartografia geotécnica, enquanto representação de processos do meio físico reflete a interação destes processos com os tecnológicos, com repercussões na questão ambiental. A carta geotécnica integra informações do meio físico e do uso do solo, e serve como insumo interdisciplinar para orientar a gestão ambiental (Diniz *et al*., 2001).

Zuquette & Gandolfi (2004) destacam as características relevantes obtidas nas informações da cartografia geotécnica para o planejamento urbano, são elas:

- Localização de vias de acesso;
- Planejamento para desenvolvimento residencial;
- Disposição de rejeitos industriais e domésticos;
- Suprimento de água;
- Fundações;
- Seleção de áreas para parques industriais;
- Localização de possíveis jazidas minerais;
- Sistematização de drenagem superficial;
- Controle de enchentes;
- Adaptação de edificações, topografia e áreas para recreação.

Os mesmos autores destacam para o planejamento regional:

- Controle de erosão;
- Localização de sítios para reservatórios;
- Avaliação de poluição, tanto em materiais geológicos, quanto em água;
- Localização de vias, tais como: ferrovias e rodovias;
- Disposição de resíduos doméstico, agrícola, mineral entre outros;
- Proteção de áreas de recarga de aqüíferos;
- Construção de aterros;
- Avaliação de locais para extração de materiais de construção;
- Conservação ambiental.

2.5.2 METODOLOGIAS DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

O mapeamento geotécnico tem servido nos últimos anos, como ferramenta indispensável a diversos campos, sobretudo, na ordenação dos espaços geográficos.

Surgiram metodologias elaboradas em diversos países, tais como: Reino Unido, Austrália, França, países do leste europeu, dentre outros. No Brasil, foram desenvolvidas metodologias adequadas às condições do país como a da EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo) e do IPT (Instituto de Pesquisas

Tecnológicas de São Paulo), que serão tratadas a seguir, juntamente com a metodologia de mapeamento da *International Association of Engineering Geology and the Environment / United Nations Education, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO/ IAEG, 1976) e o sistema PUCE (*Pattern, Unit, Component, Evaluation).*

Na maioria dos trabalhos de cartografia geotécnica, desenvolvida pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília (UnB) é adotada a metodologia da EESC/USP.

2.5.2.1 METODOLOGIA DA IAEG

A metodologia IAEG/UNESCO foi uma proposta de mapeamento com o intuito de orientar e uniformizar internacionalmente as cartas geotécnicas produzidas no meio técnico da geologia de engenharia.

Para a realização do trabalho, as principais técnicas são fotogeologia, métodos geofísicos, sondagens, amostragens, ensaios *in situ* e laboratoriais. Além destes tópicos abrange as formas de apresentação dos resultados e como interpretá-los para os fins desejados.

De acordo com Zuquette & Nakazawa (1998), esta metodologia pode ser adotada por qualquer país, mas para sua aplicação são necessárias que as seguintes condições sejam satisfeitas:

- Compatibilizar o número de informações com as exigências da metodologia;
- Estipular a escala e o tipo de documento desejado;
- Ordenar os componentes do meio físico, as feições e os atributos que sejam interessantes;
- Definir como obter os atributos e suas classes.

2.5.2.2 SISTEMA PUCE

Segundo Zuquette & Gandolfi (2004), é uma metodologia centrada na divisão da área em classes de terreno hierarquizadas a partir de características gerais (geológico-geomorfológicas), uso do solo e geotécnicas. Os terrenos são divididos e classificados em quatro classes hierárquicas denominadas província, padrão do terreno, unidades e componentes do terreno, como pode ser vistas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Formas de análise e quantificação para cada classe hierárquica na metodologia PUCE (Iwasa & Fendrich, 1998).

Classes do Terreno	**Fatores do terreno para descrição**	**Fatores do terreno adequados para quantificação**	**Método para quantificação**
Província	Geologia (grupo, formação etc.)		
Padrão do terreno	Paisagem Características básicas do solo, vegetação, rochas. Padrão de drenagem	Amplitude de relevo Freqüência de canais de drenagem	Fotos aéreas ou medidas "*in situ"*
Unidades do terreno	Formas de relevo Principais características dos solos, rochas e formações vegetais.	Dimensões das unidades do terreno (amplitude do relevo, com comprimento, largura).	Fotos aéreas e medidas "*in situ"*
Componentes do terreno	Tipo de talude Litologia Solo Associação de vegetação	Dimensões dos componentes do terreno (amplitude do relevo, comprimento e largura) Dimensões relativas à vegetação (altura, diâmetro, espaçamento) Propriedades dos materiais geológicos Quantidade dos materiais terrosos	Medidas "*in situ"* Medidas "*in situ"* Medidas "*in situ"* e laboratório Medidas ou estimativa

2.5.2.3 METODOLOGIA DA EESC – USP

Metodologia desenvolvida pelo grupo de pesquisadores do Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos de São Paulo, e possui diversas influências dos sistemas propostos pelos autores: Matula (sistema da Checoslováquia) e Sanejouand (sistema francês).

O princípio básico que orientou o desenvolvimento desta proposta metodológica está centrado no procedimento global do processo, desde a obtenção dos atributos até a elaboração de cartas específicas para os usuários, assim como com relação a todas as regras cartográficas e de conteúdo (qualidade). De acordo com Zuquette (1987), as cartas produzidas podem ser divididas em quatro categorias, ilustradas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Classificação da categoria das cartas (Zuquette, 1987).

Categoria	**Descrição**
Mapas básicos fundamentais	Retratam o meio físico, tais como: mapas topográficos, geológicos (materiais inconsolidados, geomorfológicos, e substrato rochoso) e mapas de águas (hidrológicos e hidrogeológicos).
Mapas básicos Opcionais	Consideram algumas características da área em estudo. Como exemplo, tem-se o mapa pedológico, geofísico, geomorfológico, climático, etc.
Mapas auxiliares	Registram em forma de mapa informações pontuais de dados amostrais, mapas de documentação.
Cartas derivadas ou interpretativas	Cartas provenientes da interpretação de mapas básicos, suas informações consistem da reclassificação de outro mapa ou combinação entre mapas, resultando em carta para fundação, estabilidade de talude, erodibilidade, obras viárias, zoneamento geotécnico e restrições ambientais.

2.5.2.4 METODOLOGIA DO IPT

A metodologia do IPT foi desenvolvida a partir de situações específicas, de trabalhos baseados em problemas relativos ao meio físico que ocorreram com freqüência em grande parte das cidades brasileiras e voltadas para sua solução rápida, onde tem como objetivo oferecer respostas efetivas ao usuário, considerando prazos e custos determinados pelas necessidades e possibilidades dos clientes-usuários. Obtém-se como resultado produtos com denominações e funções diversas que podem ser agrupadas nas categorias ilustrada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Classificação das categorias da metodologia do IPT (Zuquette & Nakazawa, 1998).

Categorias	Descrição
Cartas geotécnicas	Expõem limitações e potencialidades dos terrenos e definem diretrizes de ocupação para um ou mais usos do solo.
Cartas de risco	Consideram a avaliação de dano potencial a ocupação, diante de uma ou mais características ou fenômenos naturais ou induzidos por essa mesma ocupação.
Cartas de suscetibilidade	Apresenta gradações de probabilidade de desencadeamento de um ou mais fenômenos naturais ou induzidos pela ocupação.
Cartas de atributos ou de parâmetros	Limitam-se à distribuição espacial de uma ou mais características (geotécnicas, geológicas, etc.) do terreno.

As cartas geotécnicas, como expressão prática do conhecimento geológico aplicado ao gerenciamento dos problemas colocados pelos diferentes usos do solo tem como objetivos:

- Prever o desempenho da interação entre o meio físico e a sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo;
- Estabelecer orientações técnicas, preventivas e corretivas dos problemas identificados para minimizar custos e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Os pontos centrais dos trabalhos desenvolvidos pelo IPT são:

- Partir dos problemas significativos do meio físico presentes no território e daí para os seus condicionantes mapeáveis;
- Considerar as formas usuais de ocupação do solo e as suas solicitações sobre o meio físico como fator fundamental na determinação do desempenho dos terrenos;
- Concentrar esforços na coleta objetiva e orientada de dados, voltados para definir unidades de terreno de mesmo comportamento, de modo que elas correspondam a distintas práticas e técnicas de prevenção e correção dos problemas identificados;

- Superar os conceitos de “aptidão”, comumente empregados nas cartas geotécnicas, valendo-se do arsenal de técnicas disponíveis para a maximização do uso do solo;
- Elaborar cartas geotécnicas de caráter dinâmico que, a partir de uma primeira versão, permitam incorporar novos conhecimentos do meio físico e novas técnicas de ocupação do solo.

2.6 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

2.6.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

É bastante complicado encontrar um conceito único que defina sistemas de informações geográficas (SIG) devido à utilização desses por várias áreas científicas ou domínios da atividade humana (recursos naturais, planejamento urbano, agricultura, geografia, informática, etc.). Desta forma, é possível que os conceitos aceitos em cada área ou domínio variem com a forma como os SIG são utilizados.

A idéia mais comum de SIG está freqüentemente associada à produção e análise de cartografia com uso da tecnologia computacional. Desta forma, algumas pessoas argumentam que a chave da definição se encontra nos componentes dos equipamentos e programas que servem de plataforma de funcionamento dos SIG. Outros advertem que a definição deverá recair principalmente no tratamento da informação e nas suas aplicações.

Os sistemas de informações geográficas (SIG) compõem-se de sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação à superfície da Terra (Maguire *et al*., 1991). A seguir serão citadas algumas definições.

Ozemoy, Smith e Sicherman (1981): «Um conjunto de funções automatizadas que dota os profissionais com avançadas capacidades para armazenar, capturar, manipular e visualizar dados geograficamente localizados. »

Burrough (1986): «Um sistema de ferramentas poderoso que permite recolher, guardar, encontrar, pesquisar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real. »

Smith *et al*., (1987): «Um sistema de base de dados onde a maior parte dos dados são indexados espacialmente e onde um conjunto de procedimentos são operados com o objetivo de responder a pesquisas sobre entidades espaciais da base de dados. »

Cowen (1988): «Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados georeferenciados num ambiente orientado para a resolução de problemas. »

Federal Interagency Coordinating Committee (1988): «Um sistema de hardware, software e procedimentos organizado de forma a possibilitar a aquisição de dados, gestão, manipulação, análise e visualização de dados espaciais, de tal modo que seja possível resolver problemas complexos de planejamento. »

Carter (1989): «Uma entidade institucional que seja o reflexo de uma estrutura organizativa que integre a tecnologia com base de dados, conhecimentos periciais e um contínuo apoio financeiro ao longo do tempo. »

Para definir genericamente os SIG é necessário compreender a sua ligação com outros sistemas, dos quais depende diretamente. Na verdade, os SIG resultam da conjugação de outras tecnologias, integrando ferramentas originárias de sistemas diferentes.

Os SIG podem ser vistos como um caso especial de sistemas de informação em geral. Por informação, entendemos um derivado da interpretação de dados. Esses, por sua vez, são representações simbólicas de feições. (Souza, 2000).

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para SIG. Para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas.

As principais características dos SIG são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, com uso de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Os SIG funcionam segundo uma variedade de arquiteturas internas. Uma análise das diferentes arquiteturas de SIG pode indicar a existência de pontos fortes ou fracos em cada sistema, que têm influência decisiva em aspectos como o desempenho, a capacidade de gerenciamento de grandes bases de dados, a capacidade de utilização simultânea por múltiplos usuários e a capacidade de integração com outros sistemas, (Câmara *et al*., 2001). São por esses motivos que no presente trabalho foram utilizados os programas

computacionais Spring nas suas diversas versões (4.2 e 4.3), *Arc View* 3.2 e *ARC GIS* 9.0, com a finalidade de aproveitar melhor cada um deles.

2.6.2 GEOPROCESSAMENTO

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto dificultava uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da tecnologia de informática, na segunda metade deste século, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do geoprocessamento.

Segundo Câmara *et al*. (2001), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de sistemas de informações geográficas (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. Pode-se dizer, de forma genérica, "se *onde* é importante para seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho". Sempre que o *onde* aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.

Carvalho *et al*., (2000) define geoprocessamento como termo bastante amplo, onde engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, em programas computacionais. Dentre essas tecnologias destacam-se: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação e tarefas cartográficas, a utilização de sistemas de posicionamento global – GPS e os sistemas de informações geográficas – SIG.

Num país de dimensão continental como o Brasil, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

O geoprocessamento tem assumido um papel fundamental, como forma visual mais simples e didática, para quantificar e qualificar modificações impostas ao meio ambiente.

No entanto, o uso e a aplicação de alguns programas seguem restrições quanto aos seus métodos operacionais, por exemplo, para originar um modelo numérico de terreno pode-se utilizar diversos métodos para sua realização.

Nos últimos anos, a crescente divulgação do uso de programas de geoprocessamento implicou numa visão equivocada e superdimensionada dos sistemas de CAD (projeto auxiliado por computador - *computer aided design*) cartográficos, que geram freqüentemente em seus usuários a expectativa de capacidades (de análise espacial), além das que eles possuem como sistemas automáticos de desenho de mapas (Cowen, 1988 *apud* Martins, 2005).

A diferença entre um SIG e um CAD consiste basicamente no fato de que o último é um instrumento de desenho digital e não um sistema de processamento de informação espacial.

Um CAD possui funções que permitem a representação precisa de linhas e formas, podendo ser utilizado na digitalização de mapas e cartas. No entanto, apresenta restrições no que diz respeito à atribuição de outras informações às entidades espaciais. Apesar disto os CAD podem ser utilizados em conjunto com os SIG.

A introdução do geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar: o grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, MaxiDATA, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS (CPqD/TELEBRÁS) e INPE. (Câmara *et al*., 2001).

2.6.3 CARTOGRAFIA PARA GEOPROCESSAMENTO

A razão principal da relação interdisciplinar entre cartografia e geoprocessamento é o espaço geográfico. Cartografia preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico.

Geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelo sistema de informação geográfica (SIG), para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico. Isto estabelece de forma clara a relação interdisciplinar entre cartografia e geoprocessamento.

Uma razão histórica que reforça o vínculo entre a cartografia e geoprocessamento, é a precedência das iniciativas de automação da produção cartográfica em relação aos esforços iniciais de concepção e construção das ferramentas de SIG (veja-se, por exemplo, Maguire *et al*., 1991 *apud* Câmara *et al*., 2001). A Figura 2.7 aproveita e sintetiza a discussão ora apresentada, estendendo-a apropriadamente às áreas de sensoriamento remoto, CAD (*computer aided design*) e gerenciamento de banco de dados (cadastro georreferenciado de dados).

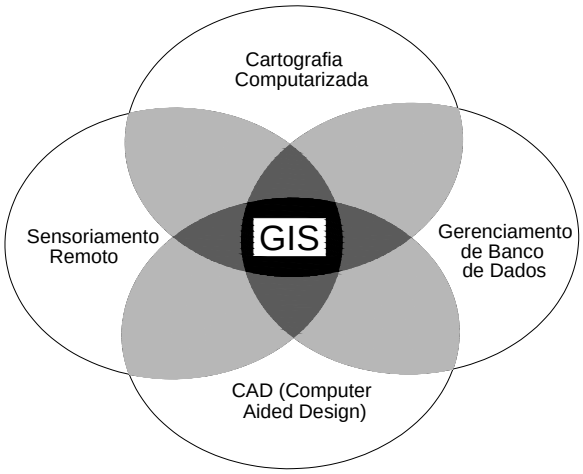


Figura 2.7 - Relações interdisciplinares entre SIG e outras áreas.
Fonte: Maguire *et al*., (1991)

2.7 CADASTRO, CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E SUAS CARACTERÍSTICAS.

Não há consenso no mundo em relação à definição de cadastro e suas funções. O conceito apresenta diferentes conotações, oriundas da legislação de terras de cada nação. Mesmo na etimologia, é difícil precisar o significado da palavra cadastro e por esse motivo colocam-se as visões de diferentes autores.

O termo *katsicou* (do grego - *catastichon* = lista, agenda) é o que mais se aproxima da definição atual. O Dicionário AURÉLIO da língua portuguesa diz que, cadastro deriva do termo francês *cadastre*, que significa registro público dos bens imóveis de um determinado território, o registro de bens privados de um determinado indivíduo. Já o *Webster Third International Dictionary* o define como um registro oficial da quantidade, valor e posse da propriedade imobiliária, usado para ratear taxas (Erba *et al*., 2005).

O objetivo do cadastramento de erosões é estabelecer o nível de criticidade das erosões que possibilita a determinação daquelas que são prioritárias para a correção, fornecendo os

elementos necessários para a alocação de recursos, visando o controle das erosões, do município em questão (Iwasa & Frendrich, 1998).

Segundo Erba *et al*., 2005, nos países que compõem o Mercosul (à exceção do Brasil) e na maior parte dos que fazem parte do chamado "primeiro mundo", o cadastro territorial é um registro público sistematizado dos bens imóveis de uma jurisdição contemplada nos seus três aspectos fundamentais: o jurídico, o geométrico e o econômico. O cadastro técnico, assim definido, é conhecido por profissionais da área como cadastro técnico multifinalitário ou cadastro técnico multifuncional.

Segundo Loch (1989), o cadastro técnico multifinalitário é fundamentado em diversos mapas temáticos que, quando relacionados entre si são ferramentas ideais para o planejamento. Afirma que o cadastro técnico multifinalitário é muito importante no controle ambiental, pois está fundamentado em várias técnicas, devendo ter o respaldo da legislação pertinente ao uso e ocupação do solo para sua concretização.

O elo entre os usuários do cadastro é a carta cadastral constituinte da base cartográfica cadastral, contendo informações geométricas sobre a situação das parcelas, de forma confiável e atualizada. As informações obtidas da carta devem, assim, satisfazer a necessidade de cada usuário quanto à finalidade e precisão requeridas.

Com o aperfeiçoamento de técnicas de medição, uso de instrumentos mais modernos e relativamente mais baratos, crescente velocidade de processamento de dados, uso da tecnologia GPS (*Global Position System*) na determinação de pontos de alta precisão, nos pacotes gráficos mais "robustos", na interface de programas e na versatilidade dos SIG (sistemas de informações geográficas), existe uma facilidade, para a implantação e manutenção de um cadastro.

Para a maior utilidade do cadastro técnico multifinalitário e para que o banco de dados possa ser uma ferramenta no processo decisório, devem ser observadas algumas características e potencialidades fundamentais que devem consubstanciar e justificar a sua implementação e manutenção, tais como:

- Possuir atribuições de modo a satisfazer a diversidade das necessidades dos usuários;
- Formação de banco de dados multifinalitários – Deve apresentar de modo seguro e simples, a disponibilidade das informações para o acesso direto dos diversos usuários, com respeito à praticidade, objetividade e oportunidade;
- Geoprocessamento das informações gráficas;

- Geração de subsídios para a expansão auto-sustentável;
- Geração de estratégias sócio-econômicas institucionais;
- Geração de estratégias físico territorial e ambiental;
- Geração de geoinformações espaciais e numéricas.

A cartografia cadastral urbana no Brasil normalmente é elaborada por técnicas topográficas ou fotogramétricas. No primeiro caso, é difícil encontrar um exemplo genérico no País, pois os profissionais utilizam nomenclaturas e sistemas de coordenadas arbitrários. Isto não significa que os documentos cartográficos assim gerados sejam de má qualidade, mas a falta de georreferenciamento acaba causando problemas na hora de integrar os dados gerados pelo cadastro com cartas provenientes de outras instituições (inclusive de órgãos governamentais da própria prefeitura municipal), (Erba *et al*., 2005).

2.7.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO TERRITORIAL

Os sistemas de informações geográficas – SIG são ferramentas auxiliares que permitem parametrizar modelos de planejamento e visualizar os dados de forma gráfica (ou cartográfica), que são de mais fácil compreensão do que os tabulares ou relatórios. Quando os SIG são utilizados para gerenciar dados cadastrais, geralmente recebem o nome de Sistemas de Informação Territorial – SIT.

Segundo Erba *et al*., 2005, a característica básica de um SIT é ter a capacidade de tratar relações espaciais entre objetos geográficos. Armazenar os dados dos elementos que constam em um mapa é o que diferencia um SIG de um CAD. Outra diferença é que um SIG pode trabalhar com diversas projeções cartográficas.

Entre as funções principais dos SIT, estão de integrar informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastro, de imagens de satélite, redes de pontos e modelos numéricos do terreno, utilizando uma base única de dados; cruzar informações com uso de algoritmos de manuseio para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas da base de dados.

Dentro da estrutura polivalente que atualmente se dá aos cadastros territoriais, os SIT são muito apropriados para relacionar dados provenientes de diferentes fontes, bem como para gerenciá-las por meio de camadas (*layers*) de dados, facilitando a organização e distribuição. Este último ponto reforça a importância que tem o georreferenciamento de todos os elementos na estruturação de um cadastro multifinalitário.

Capítulo

3

Materiais e Métodos

3.1 ESCOPO DA METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada para o entendimento dos fatores condicionantes que provocam as erosões lineares no Distrito Federal, seguiu-se na proposta de compartimentação morfopedológica de Castro & Salomão (2000) citado por Lohmann (2005) com os níveis de tratamento e modificações adaptados à realidade da área de estudo, a qual permite compartilhar unidades relativamente homogêneas, produtos da inter-relação entre a litologia, geomorfologia e pedologia.

O cadastro georreferenciado das feições erosivas orientou-se na proposta apresentada pelos autores responsáveis pelo desenvolvimento do projeto: "Controle de erosão no Estado de São Paulo" por meio de convênio entre o Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo - DAEE e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1989).

Sendo assim, neste capítulo apresentamos as matérias e métodos utilizados no desenvolvimento da presente pesquisa, os quais são divididos em cinco itens principais: coleta de informações preexistentes, caracterização fisiográfica do DF, cadastro georreferenciado das feições erosivas no DF, compartimentação morfopedológica e finalizando com a elaboração do mapa de susceptibilidade às erosões lineares, Figura 3.1.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Esta etapa consistiu da coleta de informação em formato digital e analógico, visando à recompilação de informações de pesquisas e trabalhos já realizados dentro da área de estudo.

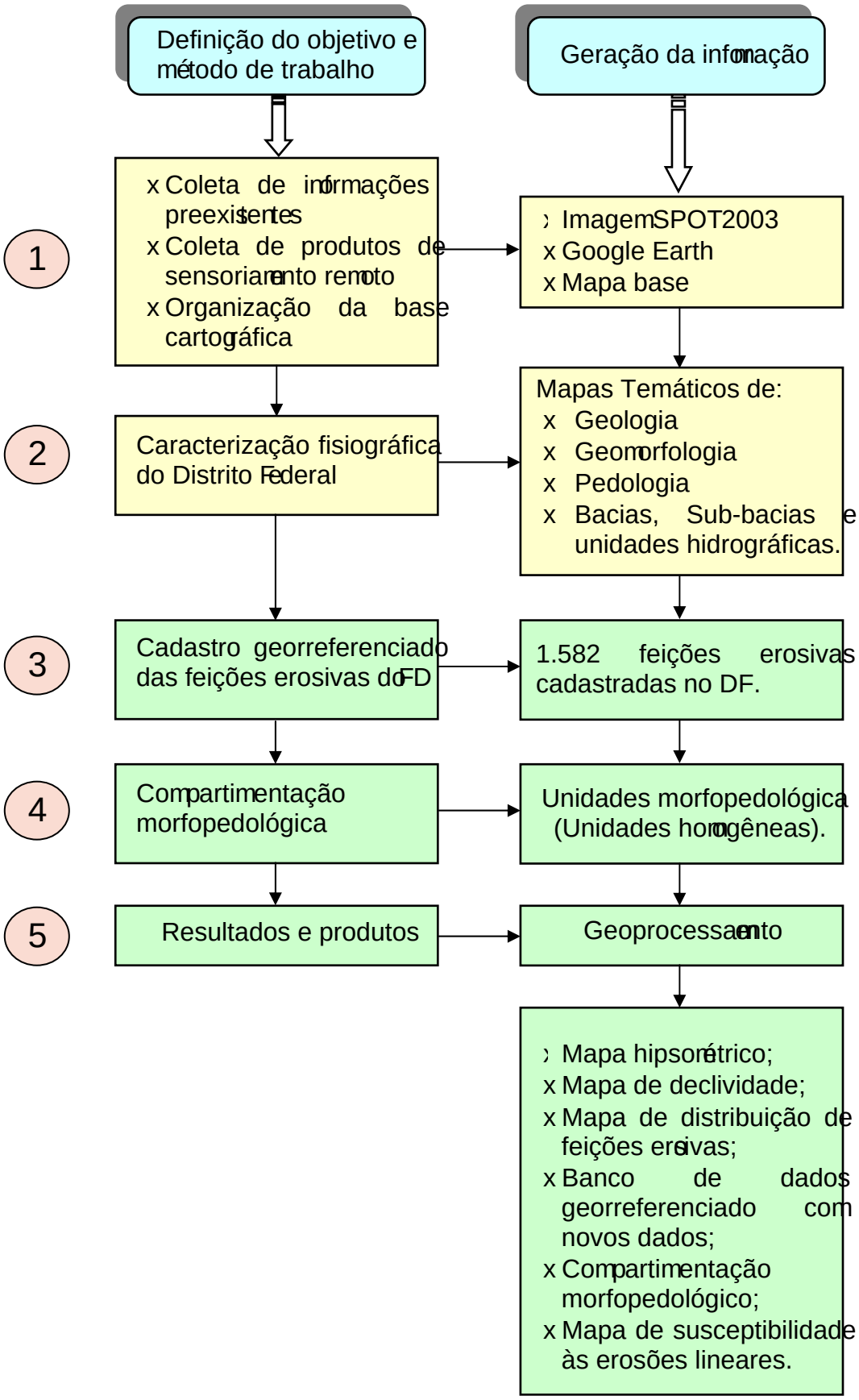


Figura 3.1- Fluxograma da estrutura da pesquisa.

3.2.1 BASE CARTOGRÁFICA, CARTOGRAFIA TEMÁTICA, BANCO DE DADOS E PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

- Cartas planialtimétricas em formato vetorial, com 244 folhas na escala 1:10.000, com curvas de 5 em 5 metros, do SICAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal), pertencentes ao PDOT (Plano Diretor de Ordenamento Territorial) do Distrito Federal (CODEPLAN, 1991a);
- Base Cartográfica em formato digital, com informações sobre o sistema viário, hidrografia, topografia e áreas urbanas, na escala 1:25.000, do SICAD / PDOT (CODEPLAN, 1991b);
- Mapa geológico do DF em formato digital, na escala 1:100.000, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília/IEMA/SEMATEC/UnB, (Freitas e Silva & Campos, 1998b);
- Mapa do Substrato Rochoso em formato digital, na escala 1:100.000 (Aguiar, 1997);
- Mapa de lineamentos estruturais do DF em formato analógico, na escala 1:100.000, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB (Freitas e Silva & Campos, 1998a);
- Mapa geomorfológico do DF em formato analógico, na escala 1:100.000 (Novaes, 1994);
- Mapa geomorfológico do DF em formato analógico, na escala 1:100.000 (Novaes, 1994 modificado Carneiro, 1999);
- Mapas de bacias, sub-bacias e unidades hidrográficas do Distrito Federal em formato digital, na escala 1:100.000 (SEMATEC / SGIRH, 1994);
- Mapa pedológico do Distrito Federal em formato digital, na escala 1:100.000 (EMBRAPA /DF, 1978);
- Banco de dados georreferenciado em formato digital, com 1.252 feições erosivas cadastradas (Martins, 2005);
- Imagem digital do satélite SPOT - HRV, na área do Distrito Federal, do ano de 2003, com 3 bandas espectrais e resolução de 10 m.

3.2.2 SOFTWARES UTILIZADOS

- Spring 4.2 desenvolvido pelo INPE – Manipulação do banco de dados e análise de dados;

- Programa Google Earth – Manipulação de imagens de satélite, mapas e relevo;
- Arc View 3.2 – Manipulação de curvas de nível;
- Arc GIS 9.0 – Manipulação e análise de dados e produtos finais de cartografia.

3.2.3 EQUIPAMENTO

- Microcomputador com processador Pentium® 4, 3.00 Ghz, 1GB de RAM e HD 80 GB

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Neste item, serão detalhadas as etapas de elaboração dos mapas básicos, mapas derivados, banco de dados georreferenciado, compartimentação morfopedológica e mapa de susceptibilidade.

3.3.1 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE ELABORAÇÃO DOS MAPAS

3.3.1.1 MAPA BASE

A primeira etapa consistiu na criação do projeto no Spring 4.2, na escala 1:100.000, no Datum Sul-Americano de 1969 - SAD 69, meridiano 45º WGr (Oeste de Greenwich), zona 23.

Criaram-se as categorias temáticas denominadas de drenagem, estradas e área urbana, nas quais foram importadas informações como: rios, córregos, lagos, estradas pavimentadas, estradas não-pavimentadas e área urbana. Cada item foi importado num plano de informação (PI) diferente, em categorias correspondentes. Desse modo, foram importadas as informações referentes aos limites do Distrito Federal e das regiões administrativas (Figura 3.2).

O mapa base se constitui um elemento essencial para o posterior georreferenciamento da imagem do satélite SPOT (2003), assim como para o cadastro das feições erosivas.

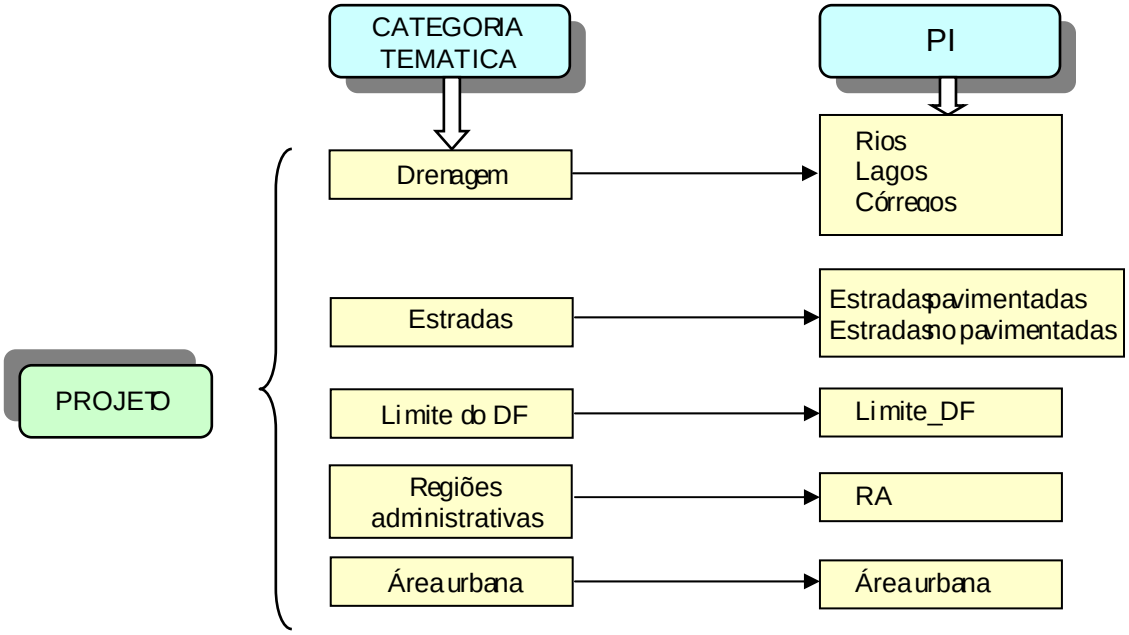


Figura 3.2 – Estrutura do Mapa Base.

3.3.1.2 IMAGEM DA ÁREA DE ESTUDO

A imagem satélite empregada na pesquisa foi à imagem digital do satélite SPOT, abrangendo a região do Distrito Federal, ano 2003, com resolução de 10 metros e 3 bandas espectrais com composição coloridas 1 (R), 2 (G) e 3 (B).

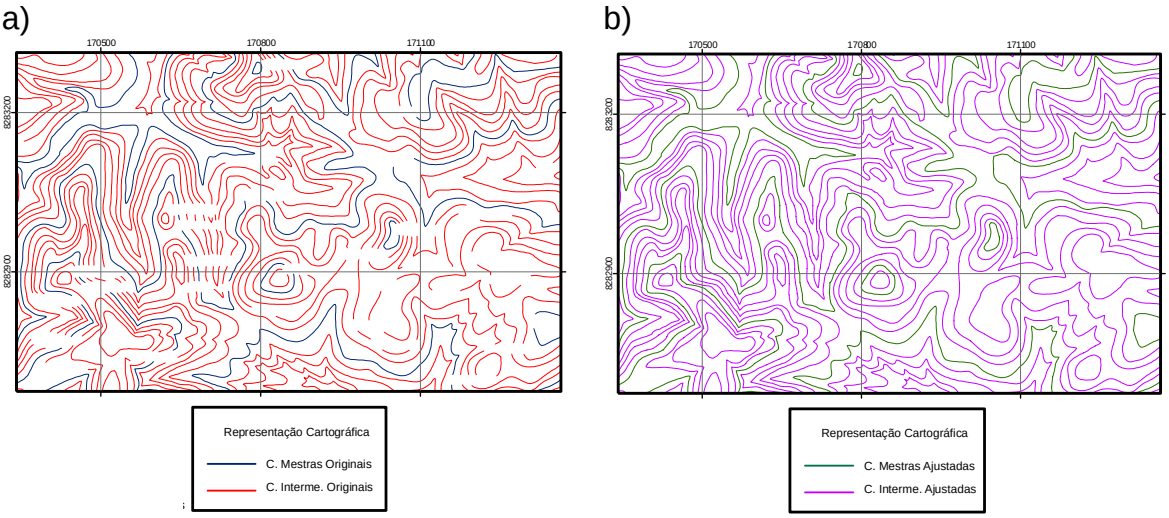
Com o projeto criado no Spring 4.2, na escala 1:100.000, e de posse do mapa base, realizou-se o georreferenciamento da imagem. Empregou-se o mapa base com a rede de drenagem (rios, córregos e lagos) e estradas (alinhamento de estradas), convertendo a imagem do formato TIFF (Tagged Image File Format) para o formato GRIB (Gridded Binary) (formato utilizado pelo Spring 4.2), transformando a resolução digital para resolução espacial. Tal operação requereu a utilização do modulo Impima 4.2, pertencente ao programa Spring.

A imagem proporciona uma visão geral dos componentes da paisagem, tais como o relevo, vegetação, além de permitir o reconhecimento das feições erosivas (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Imagem SPOT da área de estudo.

3.3.1.3 MODELO DIGITAL DE TERRENO

A presente fase necessitou inicialmente da realização do ajuste, compilação e articulação das 244 folhas topográficas (Figura 3.4), na escala 1:10.000 com curvas de nível de 5 em 5 m, fornecidas pela base cartográfica do SICAD, organizada para o PDOT (Figura 3.5), nas quais são pertencentes a área de estudo.



Figuras 3.4 – (a) curvas de nível originais da folha Nº 17 e (b) curvas de nível ajustadas para a folha Nº 17

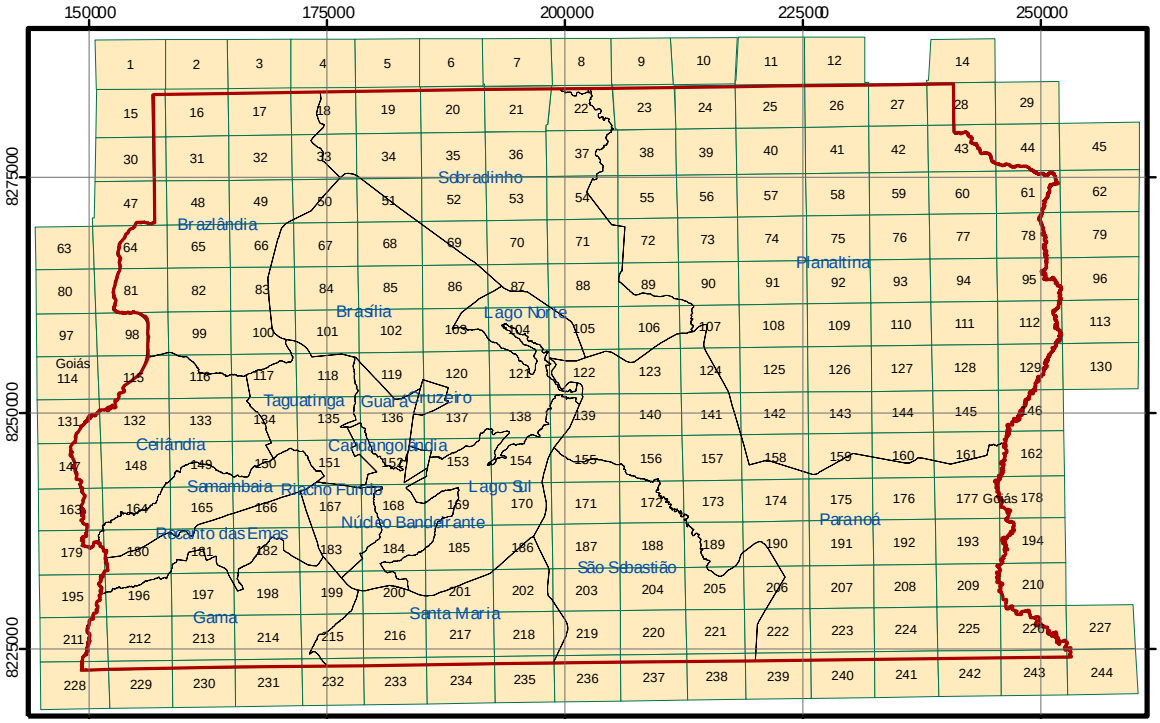


Figura 3.5 - Sistema de articulação das 244 folhas na escala 1:10.000

Concluindo-se a etapa de ajuste das curvas mestras e intermediarias das 244 folhas do SICAD/PDOT, foi realizada a articulação das mesmas. Inicialmente foi gerado o modelo numérico do terreno (MNT), com o auxílio do programa Spring 4.2 para o ambiente operacional Linux. Tal processamento, no qual requereu um período de uma semana, empregou os seguintes parâmetros para a geração do TIN (Triangular Irregular Network) tolerância de isolinhas: 5m, distância entre pontos de isolinhas: 50m, tolerância para linhas de quebra: 5m e menor aresta 1m. Na geração do MNT foi empregada como linhas de quebras, os rios e lagos. Posteriormente foi gerada a grade retangular, a partir da mesma foi efetuada a classificação em faixas (fatiamento – intervalos com amplitude de 50m), obtendo o mapa hipsométrico.

3.3.1.4 MAPA DE DECLIVIDADE

Declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal. A declividade pode ser medida em graus (0º a 90º) ou em porcentagem (%) (Figura 3.6).

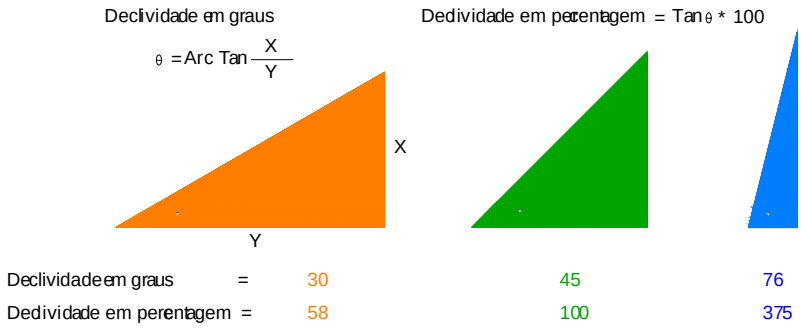


Figura 3.6 – Medidas da declividade
Fonte: modificado - Câmara, 2005.

Na elaboração do mapa de declividade empregou-se a grade retangular gerada no programa Spring 4.2 para o ambiente operacional Linux.

Cabe ressaltar, que os mapas de declividade e hipsométrico foram migrados para o ambiente do ARC GIS 9.0 no ambiente operacional Windows.

3.3.1.5 MAPA DE DISTRIBUIÇÕES DAS FEIÇÕES EROSIVAS

O mapa de distribuições das feições erosivas no Distrito Federal elaborou-se no Spring 4.2, com a finalidade de analisar a proximidade (medida de distância entre as feições erosivas cadastradas). Esta distância é dada em unidade de comprimento (m), que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno das feições cadastradas. O mapa de distância pode ser feito para categorias temáticas e cadastrais.

3.3.1.6 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ESTRADAS E AS FEIÇÕES EROSIVAS

O mapa de distância entre as estradas (pavimentadas e não pavimentadas) e as feições erosivas no Distrito Federal foi feito no Spring 4.2, com a finalidade de analisar a proximidade (distância) entre a estrada e feições erosivas, apresentando zonas com larguras especificadas (distâncias). O mapa de distância no caso foi feito para a categoria temáticas estradas.

Como exemplo, da Figura 3.7, supõe-se que se necessite delimitar quais lotes urbanos estão a uma distância de 50 metros em torno de uma rua específica. O propósito será conhecer o impacto em uma cidade, devido a uma determinada carga de risco.

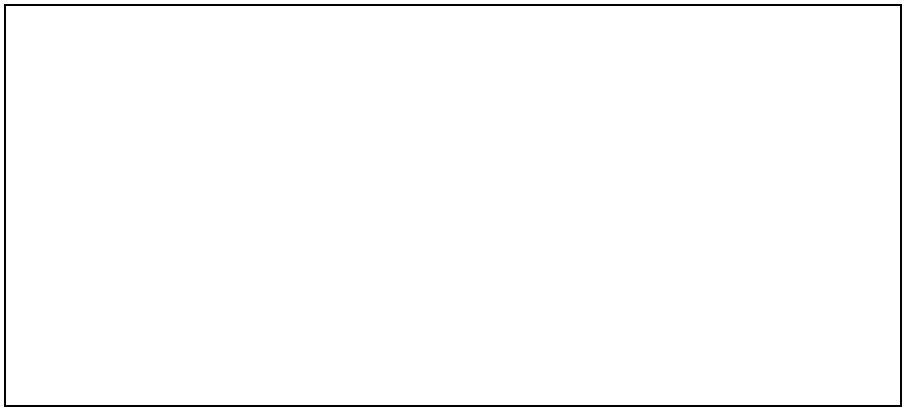


Figura 3.7 - Exemplo de mapa de distância

3.3.1.7 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ÁREAS URBANAS E AS FEIÇÕES EROSIVAS

O mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas no Distrito Federal foi elaborado no Spring 4.2, com a finalidade de analisar a influência que as áreas urbanas têm na ocorrência das erosões. O mapa permite observar a distância entre as feições erosivas cadastradas e as áreas urbanas, esta distância é dada em unidade de comprimento (m)

que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno das feições cadastradas.

Para atingir tal objetivo, foram delimitadas as áreas urbanas com a ajuda da imagem do Satélite SPOT. Foi gerado um PI temático contendo polígonos que representam as áreas urbanas.

3.3.1.8 MAPA DE LINEAMENTOS

Mapa de lineamentos estruturais do Distrito Federal foi obtido em formato analógico, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB (Freitas e Silva & Campos, 1998a). Procedeu-se o mesmo em formato TIFF para posterior conversão em formato GRIB (formato utilizado pelo Spring 4.2). Para tal finalidade empregou-se o módulo Impima 4.2. Em seguida o mapa foi georreferenciado com o auxílio da imagem SPOT, do Programa Spring 4.2 e do mapa base com a rede de drenagem (rios, córregos e lagos) e estradas (entroncamento de estradas).

A finalidade do mapa de lineamentos em formato digital é a determinação do valor médio do azimute dos 2.653 lineamentos, e a avaliação da possibilidade de influência das orientações dos lineamentos, ou a verificação se os mesmos possuem a orientação idêntica das ravinas e voçorocas cadastradas. Conseqüentemente, para o caso das ravinas e voçorocas também foram digitalizadas linhas seguindo o eixo central que define melhor o comprimento de cada feição.

Para tal finalidade foram criadas uma categoria temática e os PI denominados de lineamentos, ravinas e voçorocas, seguidamente os lineamentos foram digitalizados um a um. Tal análise foi executada no módulo análise – lineamentos – análise exploratória dos lineamentos. O módulo também analisa linha a que pertencem a categorias cadastrais.

Os relatórios fornecem informações sobre o número, o comprimento total e médio, e o azimute total e médio de todos os lineamentos. Os resultados das análises são apresentados em relatórios e/ou gráficos. Essas mesmas informações podem ser apresentadas em gráficos, de roseta e de histograma, relacionados com intervalos angulares previamente definidos.

Além disso, o modulo de análise de lineamentos permite filtrar os dados, gerando um novo PI que conterá apenas os lineamentos dentro de uma faixa angular ou uma faixa de

tamanhos do plano de informação selecionado (PI ativo). O PI deve conter linhas e pertencer a uma categoria temática ou cadastral ou numérica.

3.3.1.9 MAPA DE USO E COBERTURA DE SOLO

O mapa de uso e cobertura de solo foi elaborado com base nas informações extraídas da imagem do satélite SPOT - HVR, de 2003. Utilizou-se 3 bandas espectrais com resolução espacial de 10 metros e composição colorida RGB 1, 2, 3.

A principal finalidade desta carta foi à análise das relações de uso e cobertura do solo com os processos erosivos, onde foram descritas as seguintes classes: cerrado, campo, campo limpo, mata, corpos d'água, reflorestamento, área agrícola, solo exposto e área urbana, os quais foram utilizados na presente pesquisa na elaboração do mapa de susceptibilidade.

O mapa foi gerado no programa Spring 4.2, empregando a divisão em porções (segmentação) que consiste, basicamente, um processo de crescimento de regiões, para o qual empregaram-se as componentes principais das três bandas, cujos parâmetros foram: similaridade igual a 20 e área (pixels) igual a 100.

3.3.2 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS NA ELABORAÇÃO DO CADASTRO GEORREFERENCIADO DAS FEIÇÕES EROSIVAS NO DISTRITO FEDERAL

Para a identificação das feições erosivas e cadastramento das mesmas, utilizou-se a imagem SPOT (2003), o programa Google Earth e o mapa base.

O banco de dados das feições erosivas foi organizado, uniformizado e complementado. Principalmente foram identificados os seguintes tipos de feições: áreas com indícios de degradação, ravinas, famílias de ravinas, família de sulcos e voçorocas. No banco de dados foram incrementados nove atributos, descritos como: tipo de feição erosiva, elemento geomorfológico, litologia, pedologia, padrão geomorfológico, declividade em graus, comprimento, classes hipsométricas e largura (três últimos atributos só para as ravinas e voçorocas).

Por meio desta metodologia foram delimitadas e cadastradas prováveis áreas degradadas ou, pelo menos, com solo exposto, e erosões lineares (ravinas, famílias de sulcos, família de ravinas e voçorocas). Ao final, obteve-se o mapa de distribuição espacial das feições erosivas do DF representados em polígonos.

O cadastro de cada feição erosiva foi elaborado no programa Spring, com o registro dos 24 atributos para cada uma delas. Para tal efeito criou-se um objeto cadastral e uma categoria cadastral.

O cadastro conta basicamente com informações de erosões para uma escala regional, segundo a ficha da Figura 3.8. Cada dos atributos foi preenchido basicamente com as informações proporcionadas pelo projeto no programa Spring (imagem SPOT, mapa base, mapas temáticos, etc,) e como auxílio do programa Google Earth.

	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES - REGIONAL	
DATA:	RÓTULO:	
NOME:	N° DE FOTOS:	
RA:	COORDENADAS EW:	NS:
LOCALIZAÇÃO:		
BACIA HIDROGRÁFICA:		
SUB BACIA:		
DRENAGEM DE REFERENCIA:		
DENSIDADE DE DRENAGEM ALTA MEDIA BAIXA		
AREA (m^2):		
PERÍMETRO (m):		
AMPLITUDE DE RELEVO: Ondulado		
USO LOCAL : ( ) CAMPO ( ) AGRICULTURA ( ) MATA ( ) ÁREA URBANA ( ) ESTRADA ( ) AREA DE EMPRESTIMO ( )OUTROS. Descreva: _____	( ) CORPOS D'ÁGUA ( ) SOLO EXPOSTO ( ) REFLORESTAMENTO ( ) CERADO ( ) ACOSTAMENTO ( ) DEPOSITO DE ENTULHO	
USO DO ENTORNO: ( ) CAMPO ( ) AGRICULTURA ( ) MATA ( ) ÁREA URBANA ( ) ESTRADA ( ) AREA DE EMPRESTIMO ( )OUTROS. Descreva: _____	( ) CORPOS D'ÁGUA ( ) SOLO EXPOSTO ( ) REFLORESTAMENTO ( ) CERADO ( ) ACOSTAMENTO ( ) DEPOSITO DE ENTULHO	
POSSÍVEL CAUSA		
TIPO DA DEGRADAÇAO		

Figura 3.8 - Ficha de cadastro de erosões na escala regional.

À medida que foi sendo realizada a sobreposição dos mapas com interseção das feições cadastradas, foram sendo inseridos os atributos no banco de dados dos mapas temáticos.

Os atributos que compõem o cadastro georeferenciado são: nome, rótulo, área (m^2), perímetro (m), uso_loc (uso local), uso_ent (uso do entorno), bacia hidrográfica,

sub_bacia, causas (possível causa da erosão), dren_ref (drenagem de referência), dens_dren (densidade de drenagem), amp_relevo (amplitude de relevo), coord_X (coordenadas horizontais) do ponto de referência, coord_y (coordenadas verticais) do ponto de referência, ar_degr (tipo da área degradada), decliv (declividade do relevo em percentagem), tipo_e (tipo de feição erosiva), geomor (elemento geomorfologico), vegeta (tipo de vegetação), Gmorfo (padrão geomorfologico), pedol (unidade pedológica), decli_g (declividade em graus), compr (comprimento das feições erosivas lineares), largura (largura das feições erosivas lineares), hipsom (intervalo hipsométrico). Os três últimos atributos foram preenchidos somente para as ravinas e voçorocas.

No caso do atributo rotulo, a identificação de cada feição foi realizada pela seqüência: A_B_C, onde:

A: corresponde ao número da região administrativa, de 01 a 19, conforme a Tabela 3.1;
B: octante em que se encontra a feição em relação ao centro urbano da região administrativa (N, NE, NW, E, S, SE, SW e W);
C: representa o número seqüencial de entrada do registro no octante.

Tabela 3.1- Regiões Administrativas do Distrito Federal e seus respectivos códigos (Souza & Medereiros, 2003 apud Martins, 2005).

Região Administrativa (RA)	Código da RA
Brasília	01
Gama	02
Taguatinga	03
Brazlândia	04
Sobradinho	05
Planaltina	06
Paranoá	07
Núcleo Bandeirante	08
Ceilândia	09
Guará	10
Cruzeiro	11
Samambaia	12
Santa Maria	13
São Sebastião	14
Recanto das Emas	15
Lago Sul	16
Riacho Fundo	17
Lago Norte	18
Candangolândia	19

Na Figura 3.9 é observada a ampliação do mapa de distribuição espacial na região administrativa de Gama (RA 02), com o rotulo das ravinas e voçorocas cadastradas, e sobreposição da imagem satélite.

Figura 3.9 – Exemplo de cadastramento das feições erosivas na escala 1:15.000.

O programa Google Earth foi uma ferramenta essencial no preenchimento do cadastro, permitindo observar a variação de relevo, o tipo de vegetação existente na área, uso local, entre outros atributos; permitindo a identificação visual de ditos atributos.

A Figura 3.10 apresenta um exemplo de uma voçoroca e ravinas cadastradas com ajuda do programa Google Earth na região administrativa de Gama (RA-02), com visão (a) na vertical e (b) obliqua.

a)

b)

Figura 3.10 – Vista de uma voçoroca e ravinas cadastradas com ajuda do Google Earth na RA de Gama, com visão (a) na vertical e (b) obliqua.

3.3.3 COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA

Baseado nas considerações descritas na revisão bibliográfica aplicou-se a metodologia proposta por Castro & Salomão (2000) citada por Lohmann (2005) para a compartimentação morfopedológica da área de estudo, com os níveis de tratamento e modificações adaptados à realidade do Distrito Federal. Utilizando-se materiais cartográficos (mapas temáticos) na escala 1:100.000 e produtos de sensoriamento remoto (Imagem SPOT – 2003) com composição colorida R(1) G(2) e B(3). O cadastro das feições erosivas serviu para complementação das informações e delimitação mais precisa dos compartimentos morfopedológicos.

A figura 3.11 apresenta o fluxograma seguido na compartimentação morfopedológica.

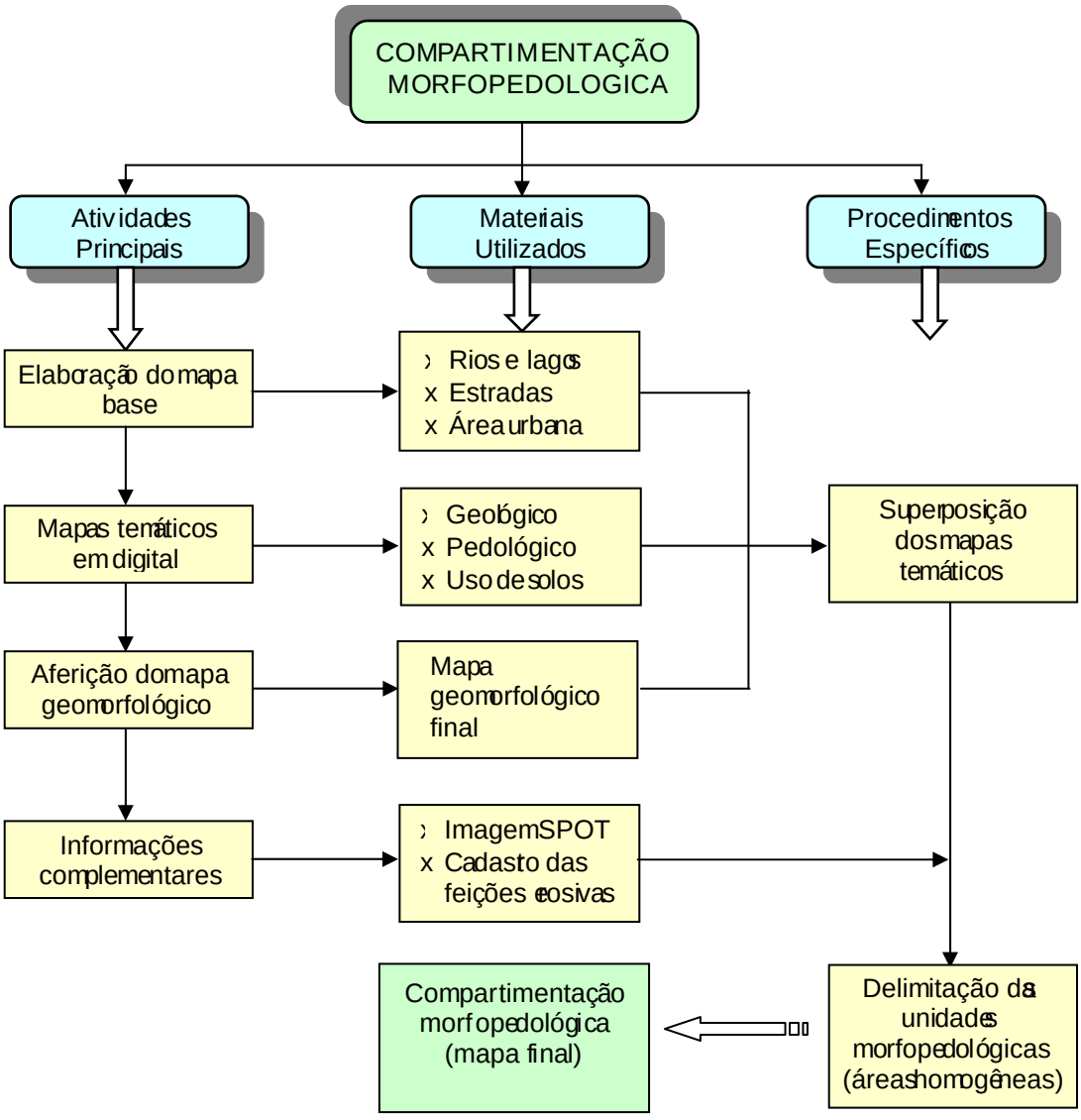


Figura 3.11 - Fluxograma seguido na compartimentação morfopedológica.

3.3.3.1 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS NA ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

O mapa base contém informações sobre rios, córregos, lagos, estradas pavimentadas, estradas não pavimentadas e área urbana. A confecção do mesmo foi explicada no item 3.3.1.1.

Os mapas geológico e pedológico foram obtidos em formato digital, necessitando de tratamentos. Uma vez que, o mapa geológico encontrava-se deslocado e em dimensões menores em relação às dimensões reais, para isso foi necessário a conversão do arquivo para formato DXF (Drawing Interchange Format, or Drawing Exchange Format), com a finalidade de recolocação nas coordenadas adequadas, e redimensionamento, utilizando-se o Programa AutoCAD. No caso do mapa pedológico, alguns polígonos encontravam-se duplicados e os limites das sub-classes não estavam corretamente definidas, sendo necessário conferir, um a um, os polígonos com o mapa analógico.

Complementarmente, foram conferidos os limites do Distrito Federal para todos os mapas temáticos empregados, em virtude da importância que todos os mapas temáticos empregados na pesquisa tenham a mesma área e os mesmo limites. Esta conferencia é relevante para uma maior eficácia, no momento de executar alguma operação matemática entre mapas, como é no caso da elaboração dos mapas de compartimentação morfopedológica e de susceptibilidade.

3.3.3.2 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS NA COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA

A abordagem morfopedológica adotada baseou-se na análise integrada do meio físico pela sobreposição dos mapas temáticos de geologia, geomorfologia e solos, que irá produzir um mapa síntese com mais informações.

O cadastramento foi importante em virtude do auxílio na compreensão da dinâmica erosiva e relações com aspectos/atributos geológicos, geomorfológicos e pedológicos. Isso permitiu destacar compartimentos do meio físico predispostos a processos erosivos lineares de grandes dimensões no DF.

Essas informações permitiram, elaborar o mapa de compartimentação morfopedológica da área de estudo, na escala de 1:100.000, pela sobreposição cartográfica de mapas temáticos na mesma escala da geologia, do relevo (morfológico) e dos solos. Estabelecendo-se

comparações entre os diferentes temas, confrontando-os com a imagem satélite SPOT – 2003), para finalmente delimitar as unidades relativamente homogêneas.

Diferentemente do trabalho de Barbalho et al., (2002), no qual se verifica que cada compartimento foi delimitado obedecendo como critério os divisores de água internos da bacia como limite superior e o fundo de vale do rio principal como limite inferior. Neste trabalho utilizaram-se os diferentes tipos de vales como critério principal para definição da delimitação dos compartimentos morfopedológicos. Tal fato é explicado em virtude de os compartimentos apresentarem características muito semelhantes quanto ao relevo e a geologia.

3.3.4 MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE ÀS EROSÕES LINEARES

O mapa de susceptibilidade foi elaborado no programa Spring 4.2, a partir de uma análise ponderada dos atributos analisados no item 5.7 (características das erosões lineares cadastradas). Os atributos empregados na elaboração do mapa de susceptibilidade são: geomorfologia, geologia, geomorfologia, uso de solo e pedologia.

A metodologia implica na atribuição de pesos a cada atributo analisado, de acordo com o nível de importância. Existem duas formas para tal atribuição, uma delas é mediante a utilização do suporte à decisão (AHP), dentro do módulo de análise do Spring, e a outra é uma forma mais subjetiva.

O conceito fundamental dos vários modelos de tomada de decisão é o de racionalidade (decidir é escolher entre alternativas). De acordo com este princípio, indivíduos e organizações seguem um comportamento de escolha entre alternativas, baseado em critérios objetivos de julgamento, cujo fundamento será satisfazer um nível preestabelecido de aspirações.

O modelo racional de tomada de decisão preconiza quatro passos que devem ser seguidos para uma escolha apropriada:

- Definição do problema: formular o problema como uma necessidade de chegar a um novo estado.
- Busca de alternativas: estabelecer as diferentes alternativas (aqui consideradas como as diferentes possíveis soluções do problema) e determinar um critério de avaliação.
- Avaliação de alternativas: cada alternativa de resposta é avaliada.

- Seleção de alternativas: as possíveis soluções são ordenadas, selecionando-se a mais desejável ou agrupando-se as melhores para uma avaliação posterior.

Thomas Saaty (1978) citado por Câmara (2005) propôs uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada. Neste procedimento, os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois-a-dois. Um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Escala de Valores AHP para Comparação Pareada.
Fonte: Câmara, 2005.

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados. Após selecionar quais os fatores que deseja combinar e estabelecer a importância relativa de cada um deles, o sistema fornecerá uma indicação da consistência de seu julgamento (indicada no item "razão de consistência"). Segundo os especialistas em AHP, é aconselhável que o índice de consistência seja sempre menor que 0,1.

Na presente pesquisa utilizou-se a uma metodologia mais subjetiva tendo-se por base a análise integrada do meio físico, ponderando-se a distribuição das erosões lineares, ravinas e voçorocas, em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos, declividade, uso do solo e pedológicos. Para tal efeito empregou-se a Equação 3.1.

$$X = \sum_{i=1}^{n} (i \times P); \quad i \in R \mid 0 \le i \le 1,0 \quad e \quad \sum P = 1,0 \qquad (3.1)$$

Onde:

- X é o valor correspondente a um grau de favorabilidade;
- i é o índice dado a cada intervalo de atributo de acordo com o potencial mais favorável à condição que esta sendo analisada;
- P é o peso atribuído ao atributo analisado de acordo com o nível de importância para a avaliação em questão;
- n é o número de atributos analisados numa determinada avaliação.

Vale ressaltar que esse procedimento é indicativo e subjetivo. Desta forma, são obtidos valores de X que podem ser associados ao grau de favorabilidade para a avaliação desejada. Na presente pesquisa, foram utilizados os intervalos de valores de X de acordo com o descrito na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Relação entre as classes de susceptibilidade e os valores de X.

Grau	Valores de X
Não Susceptível	< 0.25
Pouco Susceptível	0,25 – 0,50
Susceptível	0,50 – 0,75
Muito Susceptível	0,75 – 1,00

O grau de favorabilidade à ocorrência de processos erosivos lineares no Distrito Federal foi obtido por meio da análise dos seguintes atributos: geologia, geomorfologia, pedologia, declividade e uso e cobertura dos solos.

Na Tabela 3.4, se apresentam os pesos outorgados para cada um dos cinco atributos considerados e suas sub-classes. Ditos pesos foram utilizados na elaboração do mapa de susceptibilidade às erosões lineares.

Tabela 3.4 – Relação entre os atributos para a determinação da susceptibilidade aos processos erosivos lineares no DF.

Atributos	Classes	Índice das Classes	Peso dos Atributos
Declividade	< 2 %	0,15	0,20
	2 - 5%	0,20	
	5 - 10%	1,00	
	10 - 20%	0,80	
	> 20 %	0,90	
Litologia	NPb	0,10	0,12
	NPa	0,40	
	MNPppc	0,25	
	MNPpr4	1,00	
	MNPpq3	0,15	
	MNPpr3	0,50	
	MNPpa	0,50	
	MNPps	0,15	
	MNPccf	0,25	
	MNPcf	0,75	
Uso e Cobertura de Solo	Área urbana	0,25	0,20
	Solo exposto	1,00	
	Campo limpo	0,55	
	Área agrícola	0,60	
	Reflorestamen.	0,10	
	Corpos d'água	0,00	
	Mata	0,20	
	Campo	0,50	
	Cerrado	0,10	
Geomor -fologia	Sup. Dissecadas	1,00	0,20
	Sup.Deprimidas	0,75	
	Sup. Chapadas	0,35	
	Lagos	0,00	
Pedologia	ade	0,00	0,28
	aqd1	0,70	
	aqd2	0,70	
	bv	0,10	
	cd10	0,75	
	cd11	0,15	
	cd12	0,60	
	cd13	0,85	
	cd14	0,90	
	cd15	0,25	
	cd16	0,20	
	cd17	0,10	
	cd18	0,15	
	cd19	0.15	
	cd1	0,00	
	cd2	0,10	
	cd3	0,00	
	cd4	0,15	
	cd5	0,00	
	cd6	0,10	
	cd7	0,25	
Pedologia	cd8	0,40	0,28
	cd9	0,50	
	hi1	0,50	
	hi2	0,45	
	hi3	0,25	
	hi4	0,15	
	hld	0,40	
	hpd	0,50	
	led1	0,10	
	led2	0,10	
	led3	1,00	
	led4	0,45	
	led5	0,00	
	led6	0,15	
	lvd1	0,05	
	lvd10	0,15	
	lvd11	0,15	
	lvd12	0,10	
	lvd13	0,00	
	lvd14	0,35	
	lvd2	0,60	
	lvd3	0,05	
	lvd4	0,35	
	lvd5	0,15	
	lvd6	0,55	
	lvd7	0,05	
	lvd8	0,10	
	lvd9	0.20	
	pe1	0.10	
	pe2	0,10	
	pe3	0,25	
	pv1	0,10	
	pv2	0,15	
	pv3	0,10	
	pv4	0,05	
	tre1	0,10	
	tre2	0,05	
	tre3	0,05	
	Brasília	0,55	
	Barragem	0,00	
	Planaltina	0,00	
	Sobradinho	0,00	
	Gama	0,00	
	Brazlândia	0,00	
	L. Bonita	0,00	
	L. Paranoá	0,00	
	Ceilând. e Taguat.	0,45	
	L do R. Descoberto	0,00	
	L. Joaquim Medeiros	0,00	

O mapa de susceptibilidade foi elaborado, a partir da análise dos resultados obtidos dos atributos analisados no item 5.8 (características das erosões lineares cadastradas). Os atributos empregados na elaboração do mapa de susceptibilidade são: geomorfologia, geologia, geomorfologia, uso de solo e pedologia. Para cada um destes atributos e suas sub-classes outorgou-se um valor (peso), o qual varia entre 0 e 1, dito valor representa o grau de susceptibilidade (Tabela 3.3) de cada atributo e suas sub-classes na ocorrência de erosões lineares.

Capítulo

4

Caracterização fisiográfica da área de estudo

O presente capítulo expõe as características físicas do Distrito Federal: abordando-se a geologia, a geomorfologia, geologia estrutural, solos, sistemas pedológicos, hidrologia, vegetação e clima que ocorrem na região. Assim, como a localização e evolução urbana e divisão administrativa de Distrito Federal.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O sitio de implantação do Distrito Federal, quadrilátero de vários nomes, foi escolhido entre sonhos, profecias e trabalhos técnicos. Atendia-se a uma série de condicionantes: políticos, administrativos, econômicos e sociais. Foi prevista em sua concepção original uma tal organização que limitava, inclusive, sua população. Dentro dessa visão, Brasília destinava-se a ser uma cidade administrativa, de concepção moderna e porte médio, circundado por um cinturão verde, sem pendências ambientais relevantes. Os serviços básicos foram projetados, dimensionados e implantados dentro dessa orientação (Barros, 1994).

O Distrito Federal localiza-se no Planalto Central do Brasil, ocupando uma área de 5.814 km^2, limitando-se ao norte pelo paralelo de 15°30' de latitude sul, ao leste pelo rio Preto, ao sul pelo paralelo de 16°03' de latitude sul e oeste pelo rio Descoberto (Figura 4.1).

Segundo o Censo Demográfico (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a população do Distrito Federal, no ano de 2000, era de 2.051.146 habitantes. A taxa de crescimento anual da população do DF, entre os dois últimos Censos (1991 e 2000) é de 2,77% a.a. Se compararmos com a média brasileira (1,63%), logo o Distrito Federal ainda apresenta taxas acima da média nacional (GDF/PDOT, 2005).

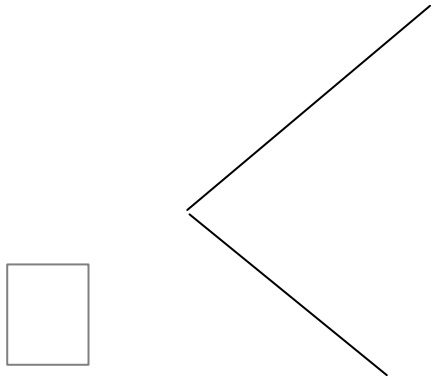


Figura 4.1 - Localização do Distrito Federal.

4.2 EVOLUÇÃO URBANA E DIVISÃO ADMINISTRATIVA DE DF

O Distrito Federal é uma cidade especial da federação brasileira, criada em 1956 e inaugurada em 1960 com o objetivo principal de abrigar os três poderes da República (GDF/PDOT, 2005).

De acordo com o GDF/PDOT (2005) a evolução urbana do Distrito Federal, pode ser dividida em três fases: i) implantação, ii) consolidação e iii) expansão.

- Na fase de implantação (1957 – 1968) foi construída boa parte da Asa Sul e iniciada a ocupação de Sobradinho, Gama e do Cruzeiro Velho e Cruzeiro Novo. Nesse período, surgiram "ocupações irregulares".
- Na fase de consolidação (1968 – 1979), as cidades já existentes (Taguatinga, Gama, Sobradinho e Guará) foram expandidas, sendo criada e ocupada a Ceilândia, hoje a cidade mais populosa do DF. Nesse período ocorreu a ocupação de boa parte do Lago Sul e Lago Norte. Foram construídos o Guará e a Asa Norte começou a ser ocupada.
- A fase de expansão (1980 a 2004) ocorreu a criação de diversas localidades urbanas tais como: Riacho Fundo I e II, Paranoá, recanto das Emas, São Sebastião, Santa Maria, além da expansão de Samambaia, entre outros. Implantou-se, entre outros, o Setor Habitacional Sudoeste. Cabe destacar a flexibilização da legislação urbanística que permitiu o parcelamento de chácaras. Este foi também um período de expansão da ocupação urbana na região do entorno, sobretudo nas áreas limítrofes ao DF.

No inicio o território era composto por apenas duas localidades: Planaltina (1859) e Brazlândia (1933). Com a construção de Brasília surgiram Candangolândia e Núcleo Bandeirante (1956); Taguatinga (1958); Cruzeiro (1959); Sobradinho e Gama (1960).

Entre 1965 e 1966, oito Regiões Administrativas (RA) chegaram a ser regulamentadas e tiveram suas áreas limítrofes fixadas, obedecendo a uma numeração seqüencial: Brasília (RA I); Gama (RA II); Taguatinga (RA III); Brazlândia (RA IV); Planaltina (RA VI); Paranoá (RA VII) e Jardim (RA VIII).

Ao longo dos anos 80 e 90, a estrutura do poder executivo do DF, já afirmada enquanto governo do DF (GDF), passou por diferentes alterações que se deram sobre as RA. Em 1989, as regiões administrativas expandiram-se de oito para doze, na qual se incluía Ceilândia (RA IX); Guará (RA X). Cruzeiro (RA XI) e Samambaia (RA XII). Em 1993, mais quatro RA's se acrescentaram: RA XIII Santa Maria; RA XIV São Sebastião; RA XV Recanto das Emas e RA XVII Riacho Fundo. No ano de 1994, criaram-se outras três RA, Lago Sul, Lago Norte e Candangolândia, totalizando dezenove RA. A partir do ano de 2003, as RA alcançaram o número de vinte e quatro: Águas Claras (RA XX); Riacho Fundo II (RA XXI); Sudoeste/Octogonal (RA XXII) e do Varjão (RA XXIII) e também surge a RA XXIV Park Way. Em 2004, aparece a RA XXV SCIA, RA XXVI Sobradinho II e RA XXVII Jardim Botânico. Por último, surge a RA XXVIII Itapoá e RA XXIX SIA (Lei no 3.618), completando 29 regiões administrativas em 2005 (figura 4.2). Na tabela 4.1, podem-se observar algumas RA e suas características.

Tabela 4.1 – Algumas RA e suas características

RA	Região Administrativa	Perímetro (km)	Área (km^2)	População (2000)	Dens. Demo. (hab/km^2)
I	Brasília	158,5	473228,3	198422	419,4
II	Gama	90,2	276210,9	130580	472,9
III	Taguatinga	59,2	121777,2	243575	2.007,2
IV	Brazlândia	105,2	474030,6	52.698	111,2
V	Planaltina	207,5	1.539.593,4	147114	95,7
VI	Paranoá	212,2	856652,4	54.902	64,4
VII	Sobradinho	129,4	573432,1	128.789	226,2
VIII	Núcleo Bandeirante	80,8	81.015,4	36.472	442,5
IX	Ceilândia	88,9	232151,4	344039	1.482,9
X	Guará	38,5	44.952,4	115385	2.524,8
XI	Cruzeiro	12,5	8.825,7	63.883	7.098,1
XII	Samambaia	64,8	105379,7	164319	1.550,2
XIII	Santa Maria	71,3	215276,4	98.679	467,1
XIV	São Sebastião	101,8	385761,0	64.322	167,9
XV	Recanto das Emas	74,4	101.317,2	93.287	919,3
XVI	Lago Sul	97,0	182554,8	28.137	147,9
XVII	Riacho Fundo	32,4	56.192,2	41.404	759,3
XVIII	Lago Norte	66,6	64.945,6	29.505	541,5
XIX	Candangolândia	11,1	6.477,9	15.634	2.351,0

Fonte: CODEPLAN - IBGE - IDHAB/DF

Figura 4.2 – Mapa de Regiões Administrativas do DF. Fonte: CODEPLAN (1997).

4.3 GEOMORFOLOGIA

O Distrito Federal situa-se em uma das porções mais elevadas do Planalto Central, que segundo King (1957) & Braun (1971a), apud Martins & Baptista (1998), corresponde a remanescentes dos aplainamentos resultantes dos ciclos de erosão Sul-americano e Velhas, que se desenvolveram entre o Terciário Inferior e Médio, e entre o Terciário Médio e Superior, respectivamente.

Estudos específicos da região foram inicialmente desenvolvidos por Belcher & Associates, resumidos no Relatório Belcher (Belcher, 1956), seguidos por estudos de Penteado (1976), IBGE (1977), EMBRAPA (1978), CODEPLAN (1984), Novaes Pinto & Carneiro (1984), RADAMBRASIL (1984), Novaes Pinto (1987, 1988 e 1994) e Carneiro (1999). Os trabalhos mais importantes sobre a região são apresentados nos seguintes itens.

4.3.1 BELCHER (1956)

Apresenta informações regionais sobre a geomorfologia e distribuição de crostas lateríticas na região do Quadrilátero definido para a implantação da Capital Federal. Foram identificadas cinco superfícies, sendo que para duas mais elevadas foram dadas maior atenção. A primeira, a mais elevada, geralmente entre 1.000 e 1.100 m, e na área do DF, acima de 1.200 m, apresenta declividades baixas, sendo considerada como remanescente importante de "peneplanícies". A segunda superfície de aplainamento ocorre 5 a 25 m abaixo da primeira e/ou embutida nesta, apresenta-se com declividades moderadas, formas convexas e cobrindo extensões menores que a primeira superfície. O contato entre a primeira e segunda superfície geralmente é suave, mas também pode ocorrer, mais raramente, em vertentes com declividades mais abruptas, entre 20 e 30%.

4.3.2 PENTEADO (1976)

Estudou os tipos de concreções ferruginosas em superfícies de aplainamento, considerando-as como parte das superfícies de cimeira de Ab'Saber (1970) citado por Freitas-Silva & Campos (1998a), mantidas por seus depósitos ferruginosos e detríticos correlativos, entre o Paleógeno e Mioceno. Estas teriam assumido o desenvolvimento de um pediplano rejuvenescido por vários eventos durante o Terciário, produzindo cotas entre 1.050 a 1.300 m, sendo que, durante o Quaternário desenvolveram-se terraços baixos em dois níveis, a 950-1.050 m e a 900 m.

Na superfície de cimeira (1.200-1.300 m), delineada pela chapada da Contagem, ocorrem dois tipos de couraças, uma em alteritos, com crecionária a maciça (Pd3), especialmente sobre metarritmitos, e outra pedogenética (Pd4), desenvolvida sobre solos argilosos derivados de sedimentos areno-argilosos. Essas couraças são consideradas cogenéticas e geradas durante o Paleoceno.

Penteado considera que o Planalto de Brasília, com forma circular e aspecto dômico, imprime um padrão de drenagem anelar na Bacia do Paranoá. Os vales são rasos, abertos e amplos, e os desníveis entre os divisores e talvegues são pequenos, o que dá ao Planalto um aspecto de "senilidade".

Essas características indicam que a estrutura dômica deu origem ao Pediplano de Brasília e Chapada da Contagem. O Pediplano e seus depósitos correlativos antigos vêm se mantendo a salvo da denudação Neogênica e Pleistocênica.

4.3.3 CODEPLAN (1984)

A Codeplan fez um estudo geomorfológico do Distrito Federal, apresentando uma compartimentação e propondo um modelo de evolução (Figura 4.3).

A compartimentação geomorfológica proposta separa dois pediplanos, residuais de superfícies de aplainamento nas cotas mais elevadas, depressões interplanálticas e planícies.

- O Pediplano Contagem-Rodeador apresenta as cotas mais elevadas, entre 1.200 e 1.400 m. Essas áreas são representadas por chapadas, chapadões e interflúvios tabulares.
- O Pediplano de Brasília está embutido no Pediplano Contagem-Rodeador, através de ruptura nítida, que aparece na paisagem sob a forma de degraus. Ocupa uma extensa área, com cotas que variam de 950 a 1.200 m. Da mesma forma que o Pediplano Contagem-Rodeador, predominam chapadas, chapadões e interflúvios tabulares cobertos por materiais oriundos das áreas mais altas.
- As Depressões Interplanálticas e o Planalto Dissecado do Alto Maranhão abrangem áreas menores e mais baixas que os outros compartimentos, com altitudes entre 800 a 950m.
- As planícies aluviais e alveolares correspondem às áreas mais baixas e de formação mais recentes, relacionadas ao Holoceno. O relevo apresenta formas planas elaboradas sobre sedimentos fluviais. As planícies alveolares diferenciam-se das aluviais em relação à forma. As alveolares apresentam-se alargadas, penetrando na rede de drenagem, a montante do curso d'água, a as aluviais são justapostas ao fluxo fluvial.

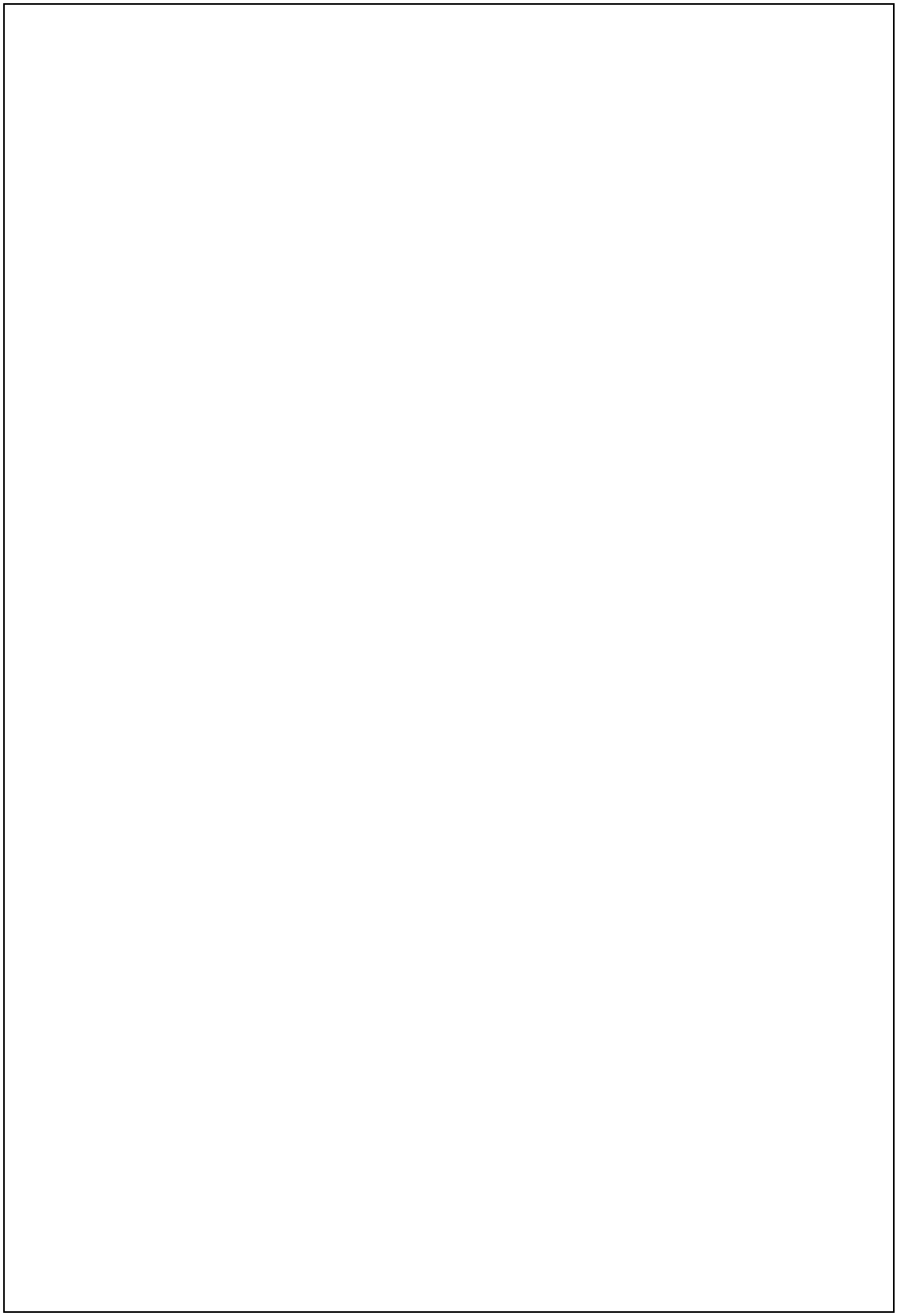


Figura 4.3 - Mapa Geomorfológico do DF. (Fonte: CODEPLAN 1984)

4.3.4 RADAMBRASIL (1984)

O Projeto RADAM, Folha Brasília, SD-23 (1984), por ocasião de estudo regional, designa os residuais de aplainamento encontradas na região estudada neste trabalho como Chapadas do Distrito Federal. Essas se caracterizam por modelados constituídos principalmente de uma superfície de aplainamento degradada, retocada pela dissecação incipiente produzida pelos rios São Bartolomeu e Preto. Nos interflúvios as vertentes são convexo-côncavas, apresentando desníveis de 28 a 69 m e declividades mais freqüentes entre 5 e 15º.

4.3.5 NOVAES PINTO (1986, 1987, 1994)

Segundo Novaes Pinto (1986), a paisagem natural do DF apresenta-se integrada por 13 unidades geomorfológicas, que constituem geossistemas inter-relacionados e hierarquizados. Por suas similaridades morfológicas e genéticas, as unidades geomorfológicas agrupam-se em três tipos de paisagem ou macrounidades) característicos da região de cerrados (Figura 4.4 e Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Macrounidades geomorfológicas do DF

Macrounidades	Unidades	Área Total (km²)	%
Região de Chapada 1.968 km² 33,8%	Chapada da Contagem	1.028	17,7
	Chapada de Brasília	202	3,5
	Chapada do Pipiripau	445	7,7
	Chapada Divisora São Bartolomeu - Preto	188	3,2
	Chapada Divisora Descoberto - Alagado	105	1,8
Área de Dissecação Intermediária 1.793 km² - 30,9%	Depressão do Paranoá	726	12,5
	Vale do rio Preto	1.067	18,4
Região Dissecada de Vale 2.053 km² 35,5 %	Curso Superior do rio Maranhão	574	9,9
	Alto Curso do rio São Bartolomeu	270	4,6
	Curso Superior do rio São Bartolomeu	608	10,5
	Alto Curso do rio Descoberto	237	4,1
	Curso Superior do rio Descoberto	270	4,6
	Alto Curso do rio Alagado	94	1,6
TOTAL		5.814	100,0

Fonte: Novaes Pinto, 1994.

A. Região de Chapada - A macrounidade região de Chapada ocupa cerca de 34 % da área do DF e é caracterizada por topografia plana a plano-ondulada, acima da cota 1.000 m, destacando-se a Chapada da Contagem, que praticamente contorna a cidade de Brasília. Desenvolve-se sobre quartzitos (Chapadas da Contagem, Brasília e Pipiripau), ardósias, filitos e micaxistos (Chapada Divisora São Bartolomeu - Preto e a Divisora Descoberto

- Alagado). As coberturas são formadas principalmente por couraças vesiculares/ pisolíticas e latossolos.

B. Área de Dissecação Intermediária - Este tipo de paisagem ocupa cerca de 31 % do DF e corresponde às áreas fracamente dissecadas, drenadas por pequenos córregos, modeladas sobre ardósias, siltitos e quartzitos (Depressão do Paranoá e Vale do rio Preto). Nos interflúvios ocorrem couraças, latossolos e fragmentos de quartzo.

C. Região Dissecada de Vale - Ocupa aproximadamente 35 % do DF e corresponde às depressões de litologias de resistências variadas, ocupadas pelos principais rios da região.

4.3.6 CARNEIRO (1999)

A caracterização dos compartimentos geomorfológicos do Distrito Federal, conforme aqui apresentada (Figura 4.5), tem origem na proposição de Novaes Pinto (Figura 4.4), e foi constituída no intuito de compreender melhor a relação existente entre as unidades então denominadas: Região Dissecada de Alto Curso do Rio São Bartolomeu (C-9); e Região Dissecada do Alto Curso do Rio Descoberto (C-11), com os residuais de Chapada (A-1 e A-3), onde aquelas unidades encontram-se embutidas.

Segundo Carneiro (1999), ao comparar, na proposição de Novaes (1994), os materiais detríticos que constituem as unidades C-9 e C-11 como os detríticos existentes na Depressão do Paranoá (B-6), e, ao mesmo tempo, comparar os processos de evolução da paisagem, em função dos condicionantes geológicos que as delineiam, verifica-se que existe uma similaridade no padrão topográfico que elas ocupam e uma coincidência temporo-espacial dos fenômenos atuantes na configuração destes compartimentos.

Sob essa ótica os compartimentos B-6, B-7, C-9, C-11, que constituem pediplanos, podem ser reunidos num compartimento próprio, denominado Superfícies Deprimidas (Figura 4.5), com características que os distinguem regiões de dissecação, configuradas pelas unidades denominadas Cursos Superiores dos Rios Descoberto e São Bartolomeu, respectivamente, C-10 e C-12 e Alto Curso do Rio Alagado, C-13 (Figuras 4.4)

Figura 4.4 - Mapa geomorfológico do DF (Fonte: Novaes Pinto 1994)

Figura 4.5. Mapa geomorfológico do DF (Vaes Pinto, 1994 modificado Carneiro, 1999)

4.3.7 PROPOSTA (2007)

A caracterização dos compartimentos geomorfológicos do Distrito Federal, conforme apresentada na Figura 4.6, tem origem na proposição de Novaes Pinto, (Figura 4.4) e Carneiro, (1999), a esma foi elaborada com o objetivo de aferir e re-delimitar os limites das unidades geomorfológicas de forma mais precisa.

Para aferir os limites das 13 unidades geomorfológicas, foram utilizadas as 224 folhas, na escala de 1:10.000, da base topográfica do CAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal), verificando-se que existe uma similaridade no padrão topográfico que elas ocupam, além de empregar o programa Google Earth.

4.4 GEOLOGIA

A geologia, incluindo os aspectos litológicos, estratigráficos, estruturais e sua evolução histórica, representa a base de conhecimento para a caracterização do meio físico de determinada região. Em função do substrato geológico estão condicionados as formas de relevo, a evolução geomorfológica, o tipo, as características e composição química dos solos e manto de intemperismo, a natureza e intensidade dos processos erosivos, a distribuição das ocorrências minerais, a distribuição das águas subterrâneas e o controle das disponibilidades das águas superficiais, entre outros fatores (Freitas-Silva & Campos, 1998a).

A geologia do Distrito Federal vem sendo estudada desde 1956 para o planejamento da criação capital do Brasil como se pode observar no relatório de Belcher (1956).

Efetivamente, o conhecimento da geologia do Distrito Federal só começou a ser realizado de forma mais sistemática a partir dos trabalhos de Andrade Ramos, (1956), Barbosa, (1962), Danni et al., (1970), Danni & Bez, (1970) e Ladeira & Salomão, (1970) apud Freitas-Silva & Campos, (1998a).

Nas décadas de 70 e 80, pouco foi publicado sobre a geologia do Distrito Federal, merecendo destaque o mapa geológico de Faria (1984) e o trabalho de Faria (1989), considerados a base de dados para o mapeamento geológico atual. No início dos anos 90 foram desenvolvidos trabalhos em pequenas áreas (e.x Barros 1993, Freitas-Silva et al., 1994ab, Macêdo et al., 1994 e outros), com objetivos específicos, os quais contribuíram significativamente com o conhecimento da geologia do Distrito Federal (Freitas-Silva & Campos, 1998a).

Figura 4.6. Mapa geomorfológico do DF (modificado – Carneiro, 1999)

Apenas após a integração dos trabalhos anteriores com outros trabalhos regionais desenvolvidos fora da área do Distrito Federal (e.x. Conde et al., 1994 e Dardenne & Faria 1995), Faria (1995) apresentou a uma revisão estratigráfica de parte da geologia do Distrito Federal relacionada ao Grupo Paranoá (Freitas-Silva & Campos, 1998a).

4.4.1 AGUÍAR (1997)

Aguíar (1997) adotou o termo mapa do substrato rochoso para apresentar mais claramente a variação, em subsuperficie, das unidades geotécnicas, na medida em que tal documento representa litologias aflorantes e/ou que se encontram recobertas por materiais inconsolidados, residuais ou não.

A Figura 4.7 apresenta o mapa geológico proposto por Aguiar (1997), a qual sintetiza a litoestratigrafia do Distrito Federal. O trabalho de Aguiar foi baseado nas individualizações e identificações das unidades com base na interpretação de produtos de sensores remotos (fotografias aéreas e imagens satélites), resultados de investigações subsuperficiais (poços e sondagens), nas observações de campo, e também na consulta a trabalhos anteriores, particularmente ao mapa geológico produzido por Faria em 1995.

O Grupo Canastra é datado como de idade Pré-cambriana. Subdivide-se em três fácies litoestratigráficas metamórficas de baixo grau e compreende litotipos de granulação fina como filitos (PMc1), calcixistos (PMc2) e micaxistos (PMc3). Os filitos estão subdivididos em duas unidades distintas: o filito carbonoso (PMc1c) e o filito calcítico (PMc1fc).

O Grupo Paranoá é considerado de idade Mesoproterozóica, sendo composto por rochas metapsamo-pelíticas e carbonatadas, estudadas por Faria (1995) no DF e na região de São João da Aliança/Alto Paraíso de Goiás. Na região do DF, pode-se individualizar sete unidades litológicas: quartzitos microconglomeráticos (PMp7), metassiltitos argilosos (PMp6), ardósias (PMp5), metarritmitos arenosos (PMp4), quartzitos médios (PMp3), metarritmitos argilosos (PMp2) e pelitos carbonatados (PMp1), esta última subdividida em quatro subunidades (Aguiar,1997).

Para melhor caracterização sob o ponto de vista geotécnico, Aguiar agrupou as seguintes quatro unidades: PMpla – incluindo ora argilitos, metassiltitos, ardósias e ora margas; PMplc – calcários, PMpld – dolomitos, e PMp1q – quartzitos.

Figura 4.7. - Mapa do Substrato Rochoso (Aguiar - 1997)

4.4.2 FREITAS-SILVA & CAMPOS (1998)

O Distrito Federal está localizado na região central do Brasil e seu arcabouço geológico é constituído de quatro conjuntos litoestratigráficos representados por metassedimentos de diferentes graus metamórficos. Em pequena escala, o conjunto se situa dentro do contexto de deformação tectônica e metamórfica da Faixa Brasília, no grande orógeno da província Tocantins. Este orógeno consiste em uma importante unidade geotectônica brasileira, desenvolvida no Neoproterozóico a partir da convergência e colisão de três blocos continentais: Cráton do São Francisco, a leste, Cráton Amazônico, a noroeste; e o suposto cráton sob a Bacia do Paraná, a sudoeste (Dardenne, 2000 apud Cadamuro, 2002). Neste cenário encontra-se a Faixa Brasília, com evolução relacionada ao Ciclo Brasiliano (790 - 630 Ma) e localizada no limite leste da província Tocantins, estendendo-se por mais de 1.000 km, margeando a porção oeste do Cráton do São Francisco.

O Distrito Federal, por sua situação geográfica exatamente na interface entre os setores de sul e de norte e no limite entre as zonas interna e externa da Faixa Brasília (envolvendo unidades pertencentes aos Grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí), representa uma área-chave para a compreensão da estruturação regional da Faixa Brasília.

A região do Distrito Federal apresenta uma complexa estratigrafia em virtude da estruturação geral e de sua posição dentro da Faixa Brasília que inclui importantes falhas de empurrão, sucessivos cavalgamentos, interferência de fases ortogonais de dobramentos e variações de espessuras de conjuntos litológicos, que dificultam o estabelecimento do empilhamento original. As significativas espessuras dos solos ascaram os afloramentos rochosos em extensas áreas complicando ainda mais os trabalhos visando um detalhamento estratigráfico.

Os trabalhos de âmbitos regionais, extensivamente citados no enquadramento geológico regional, permitem delinear o quadro estratigráfico para a região do Distrito Federal. A estratigrafia ora proposta difere significativamente daquela considerada nos trabalhos anteriores, pois inclui o Grupo Araxá no extremo sudoeste e o Grupo Bambuí na borda leste do Distrito Federal, além de tentar refinar o empilhamento estratigráfico formal do Grupo Paranoá.

Desta forma a geologia do Distrito Federal passa a ser composta por rochas atribuídas aos Grupos: Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí, respectivamente contribuindo com cerca de 65%, 15%, 5% e 15% de sua área total (Figura 4.8).

4.4.2.1 GRUPO PARANOÁ (MNPp)

O Grupo Paranoá ocupa a maior área no Distrito Federal e concentra o maior número de centros urbanos (o Plano Piloto e todas as Cidades Satélites com exceção de São Sebastião e Vale do Amanhecer), sendo a unidade geológica mais importante.

O Grupo Paranoá no DF é representado por oito unidades correlacionáveis com as unidades S, A, R3, Q3, R4 e PC, da base ao topo, das áreas-tipo de Alto Paraíso de Goiás/São João D'Aliança. As espessuras destas unidades não foram estimadas nos limites do Distrito Federal, sendo consideradas aquelas obtidas ao longo das seções realizadas na áreas-tipo: S = até 500m, A ~70m , R3 = 90m, Q3 = 70m, R4 = 100 a 150m e PC = 120 a 150m Como as variações faciológicas laterais são comuns, estes números devem ser vistos para a região do Distrito Federal como aproximações, sendo usados como valores de referência, uma vez que os dobramentos podem causar um considerável espessamento, principalmente nas litologias mais argilosas.

Unidade S (MNPps) é o pacote que apresenta maior variabilidade, podendo alcançar espessuras superiores a 500 metros. É subdividido em cinco litofácies, sendo um conjunto de metassiltitos esverdeados homogêneos que podem conter intercalações arenosas como metarritmitos ou lentes de calcários e dolomitos (estas últimas bastante raras). O topo deste conjunto geralmente é representado por um metarritmito pelítico a arenoso onde bancos decimétricos de quartzito e metassiltitos intercalam-se aos metassiltitos argilosos.

Unidade A (MNPpa) apresenta contato transicional a partir da unidade anterior, sendo constituída por ardósias homogêneas de cor cinza esverdeada, que passam a tons vermelhos característicos com a alteração intempérica. Neste conjunto, são observadas duas foliações penetrativas que representam clivagens ardosianas. Sua espessura é de difícil estimativa em virtude do intenso dobramento, sendo considerada da ordem de 70 metros.

Unidade R3 (MNPpr3) corresponde a um metarritmito arenoso, caracterizado por intercalações de bancos decimétricos a métricos de quartzitos e materiais pelíticos (compostos por metassiltitos e ardósias). Localmente são observados pacotes de até 10 metros de espessura e que destacam do conjunto rítmico. A espessura total deste conjunto pode alcançar 90 metros.

Unidade Q3 (MNPpq3) composta por quartzitos brancos finos, bastante silicificados, ricos em estratificações cruzadas tabulares, acanaladas e do tipo espinha de peixe, além de

marcas onduladas assimétricas. A máxima espessura de 70 metros foi estimada na região de são João D'Aliança.

Unidade R4 (MNPpr4) metarritmito argiloso, composto por intercalações de materiais sílticos e argilosos além de delgados estratos de quartzitos finos rosados a avermelhados. Os níveis arenosos apresentam estruturas do tipo laminações cruzadas, laminações truncadas por ondas e hummocky. Esta unidade apresenta espessuras variando de 100 a 150 metros.

Unidade PC (MNPppc) dominantemente pelítica com ardósias cinzas e metassiltitos argilosos associados com lentes de arenitos finos que podem conter estruturas algais do tipo estromatólitos colunares e cônicos. 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 metros.

A idade do Grupo Paranoá foi estabelecida em função das relações estratigráficas com os grupos Araxá e Bambuí (respectivamente correspondentes à sua base e topo), correlações regionais e principalmente em função das estruturas estromatolíticas presentes nas rochas carbonáticas, compostas por estromatólitos colunares, as quais indicam uma idade para a sedimentação entre 950 e 1350 Ma, posicionada no Meso-Neoproterozóico (Dardenne et al., 1972, Cloud & Dardenne 1973, Dardenne, 1979 apud Freitas-Silva & Campos, 1998).

Os sistemas deposicionais, atribuídos ao Grupo Paranoá, correspondem a condições marinhas plataformais epicontinentais, sendo a variação das proporções de materiais arenosos e argilosos relacionada a variações na profundidade da lâmina d'água, em função de ciclos transgressivos-regressivos.

O metamorfismo, atribuído a esta sucessão, é de muito baixo grau, não sendo responsável sequer pela recristalização de mica e clorita a partir dos materiais sedimentares pelíticos, sendo que na maior área de ocorrência do Grupo Paranoá, as estruturas sedimentares estão muito bem preservadas. Apenas na região mais ocidental de ocorrência desta unidade na Faixa Brasília (e.x. Niquelândia ou Minaçu - GO), esta unidade apresenta-se metamorfisada nos fácies xisto verde baixo com a presença de clorita metamórfica.

4.4.2.2 GRUPO CANASTRA (MNPc)

O Grupo Canastra corresponde a uma importante unidade litoestratigráfica que aflora, continuamente, por mais de 650 quilômetros desde o sudoeste de Minas Gerais, no

extremo sul da Faixa Brasília, até a região oeste de Goiás e sul do Distrito Federal, na porção centro norte desta faixa.

O Grupo Canastra ocupa cerca de 15% da superfície do Distrito Federal, apresentando, de maneira geral, maior densidade de afloramentos quando comparado ao Grupo Paranoá. Está distribuído no Alto Vale do Rio São Bartolomeu (porção centro-leste do DF) e no Vale do Rio Maranhão incluindo as sub-bacias do Rio Salinas e Córrego do Ouro (porção meio-norte do DF).

A natureza do contato entre os grupos Araxá e Canastra é controversa, alguns autores defendem uma inversão estratigráfica em função de cavalgamentos (Teixeira & Danni, 1978; Marini et al., 1984ab), enquanto outros admitem um contato normal gradacional (Heilbron et al., 1987; Valeriano et al., 1989; Simões et al., 1990; Valeriano, 1992). No Distrito Federal esta unidade é caracterizada por um conjunto amplamente dominado por filitos variados com contribuição restrita de quartzitos (intercalações de quartzitos estratificados), calcifilitos, mármores finos e filitos carbonosos. A idade do Grupo Canastra foi estabelecida posicionada no Meso-Neoproterozóico, (Freitas-Silva & Campos, 1998 a).

4.4.2.3 GRUPO ARAXÁ (NPa)

A distribuição do Grupo Araxá é limitada ao extremo sudoeste do DF, correspondendo a aproximadamente 5% de sua área total.

O Grupo Araxá no Distrito Federal é composto essencialmente por xistos variados e subordinadamente por quatzitos. Dentre os termos metapelíticos destacam-se os muscovita xistos, muscovita-quartzo xistos, quartzo xistos, clorita-muscovita xistos e quartzo-clorita xistos, sendo os xistos ausentes os mais comuns. Os xistos alterados apresentam tonalidades variando de rosado a averelhado.

O critério litológico e o grau metamórfico podem ser considerados como os principais parâmetros para diferenciar as rochas desta sequência das demais unidades aflorantes do DF.

Os resultados geocronológicos, em conjunto com os dados geoquímicos, disponíveis para o Grupo Araxá, indicam que este grupo representa uma unidade Neoproterozóica relacionada às fases de oceanização e colisão da Faixa Brasília, com idade entre 1002 e 830 ± 50 Ma. As idades em torno de 691 ± 30 Ma devem representar o pico da orogênese Brasiliana, após a qual se seguiu uma expressiva granitogênese de caráter pós-colisional iniciada

Figura 4.8. - Mapa Geológico do DF (Freitas-Silva & Campos – 1998b)

imediatamente após o metamorfismo e deformação em torno de 650 Ma se estendendo até o limiar do Paleozóico em torno de 450 Ma (Pimentel et al., 1997 apud Freitas-Silva & Campos, 1998a).

4.4.2.4 GRUPO BAMBUÍ (NPb)

O Grupo Bambuí é representado por um conjunto metassíltico-argiloso de muito baixo grau metamórfico, apresentando cores de alteração que variam de tons violáceos a avermelhados, passando por cores rosadas a creme. Quando ainda frescas, as rochas pelíticas apresentam cores amareladas ou esverdeadas.

Localmente são observados bancos de arcóseos de cor verde, quando frescos, e rosados ou amarronzados, quando alterados.

Está distribuído na porção oriental do DF ao longo de todo o Vale do Rio Preto desde o Ribeirão Santa Rita (afluente da margem direita do Rio Preto). Como no caso do Grupo Araxá, esta unidade não está inserida na geologia formal do DF, tendo sido equivocadamente considerada por Faria (1995) como a unidade psamopelito carbonatada do Grupo Paranoá. A idade do Grupo Bambuí foi estabelecida no Neoproterozóico.

A Figura 4.9 apresenta a coluna estratigráfica do Distrito Federal das seqüências deposicionais Canastra e Paranoá.

A Figura 4.10 apresenta a coluna estratigráfica do Distrito Federal considerando sua ordem deposicional e não sua disposição atual. A ordem atualmente observada apresenta inversões e complicações em função dos sistemas de cavalgamentos e compõe uma coluna tectono-estratigráfica, onde o Grupo Canastra ocorre por sobre os grupos Paranoá e Bambuí e o Grupo Araxá ocorre sobreposto ao Grupo Paranoá na porção sudoeste do DF. Considerando-se a seqüência deposicional cada um seria: Grupo Paranoá, Grupo Canastra, Grupo Araxá e Bambuí.

Figura 4.9. – Coluna Estratigráfica das seqüências deposicionais Canastra e Paranoá, no Distrito Federal (Modificado – Faria, 1995) *apud* Freitas-Silva & Campos (1998a).

Figura 4.10. – Coluna Estratigráfica das seqüências Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí no Distrito Federal (Modificado – SEMATEC & UNB, 1998).

4.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Segundo Valeriano et al., (2004), a Província Tocantins, onde a Faixa Brasília faz parte, é um sistema orogênico neoproterozóico situado entre os crátons Amazônico e São Francisco, desenvolvido no contexto dos eventos colisionais que culminaram na amalgamação do supercontinente Gondwana ao final do Neoproterozóico. Compondo a Província de Tocantins está a Faixa Brasília que bordeja o Cráton do São Francisco (CSF) e às Faixas Paraguaia e Araguaia que bordeja o Cráton Amazônico. A interveniência de um terceiro bloco encoberto pela Bacia do Parnaíba (Cráton do Paramirim ou Paranapanema), é postulado no desenvolvimento da Província Tocantins, (Figura 4.11).

Figura 4.11 – Esboço tectônico do Brasil Central, com destaque para a Província Tocantins (simplificado de Almeida et al., 1981 apud Valeriano et al., 2004).

A Faixa Brasília é marcada por dois ramos distintos: a Faixa Brasília Setentrional (FBS), de orientação NE, e a Faixa Brasília Meridional (FBM), de orientação NW. Esses dois ramos se encontram na altura do paralelo de Brasília formando a megaflexura dos Pireneus, dando à Faixa Brasília uma pronunciada concavidade voltada para leste, em conformação a uma protuberância no contorno original da margem do paleocontinente São Francisco (Valeriano et al., 2004).

A complexidade geológico-estrutural do conjunto mostra que várias fases tectônicas atuaram afetando as rochas e gerando estruturas de diferentes idades, direções e estilos, sejam primárias ou secundárias, resultantes da superposição de deformações de diferentes ciclos (Almeida et al., 1984 apud Freitas-Silva & Campos, 1998).

O amarrotamento que formou sinclinais e anticlinais, em um relevo às vezes com inversão, dobrou não apenas as rochas incompetentes, mas afetou também as de elevada competência, como os quartzitos.

Segundo Freitas-Silva & Campos (1998a), as deformações causadas nas rochas do Distrito Federal durante o Ciclo Brasiliano, são caracterizadas por progressivos pulsos de compressão, que se propagaram sob a forma de frentes de empurrão de sentido

predominantemente oeste para leste, com contatos tectônicos de orientação geral norte-sul, ocorrendo um aumento progressivo dos graus de deformação e de metamorfismo para oeste.

Cinco fases de deformação atuaram nas rochas do DF, denominadas F1, F2, F3, F4 e F5, onde se observa um padrão de deformação em domos e bacias, presente em toda a região do Distrito Federal. A fase 5 (F5), causada na etapa final (fase de descompressão) de estruturação do orógeno, é a única fase inteiramente rúptil, sendo responsável pela formação de fraturas, em quatro direções preferenciais E-W, N-S; N40-50E e N40-50W, compondo um padrão ortorrômbico. Essa fase apresenta a acomodação de tensão residual, sob a forma de juntas e falhas normais, na maioria das vezes, estruturas de médio e alto ângulo das fases anteriores que foram reativadas num mecanismo de cisalhamento puro. A fase F5 é responsável pela formação dos principais fraturamentos que condicionam não apenas os sistemas de drenagens superficiais, como também servem para circulação da água subterrânea, (Freitas-Silva & Campos, 1998a).

O conjunto apresenta uma mega-estruturação constituída de três grandes frentes de empurrão, os sistemas de cavalgamento Paranoá, São Bartolomeu/Maranhão e Descoberto, além de um nítido padrão de interferência entre dobramentos específicos das fases de deformação F2 e F3 com a fase F4. Da sobreposição dessas fases de deformação, foram originadas grandes estruturas dômicas, tais como os domos estruturais de Brasília, do Pipiripau e de Sobradinho, que indicam a interferência entre as dobras D2 e D3 (formadas durante as fases F2 e F3, respectivamente), aproximadamente coaxiais e coplanares entre si, com as dobras D4 (formadas durante a fase F4), com planos axiais aproximadamente ortogonais aos das fases F2 e F3. As estruturas dômicas provenientes desse padrão de interferência e as frentes de empurrão são as feições geológicas mais expressivas do Distrito Federal, (Figura 4.12 e 4.13).

O padrão de fraturamento observado corresponde a estruturas de acomodação final da deformação como forma de liberação do stress residual (deformação elástica) acumulado durante as fases anteriores de deformação, desta forma a geometria do padrão de fraturamento está diretamente ligada à geometria das estruturas previamente formadas (Price 1966, Reches 1978, 1983, Reches & Dieterich 1983; Hancock 1985 apud Freitas-Silva & Campos 1998a).

Figura 4.12 – Arcabouço tectônico regional da Distrito Federal e entorno
Fonte: Freitas-Silva & Campos, 1998a

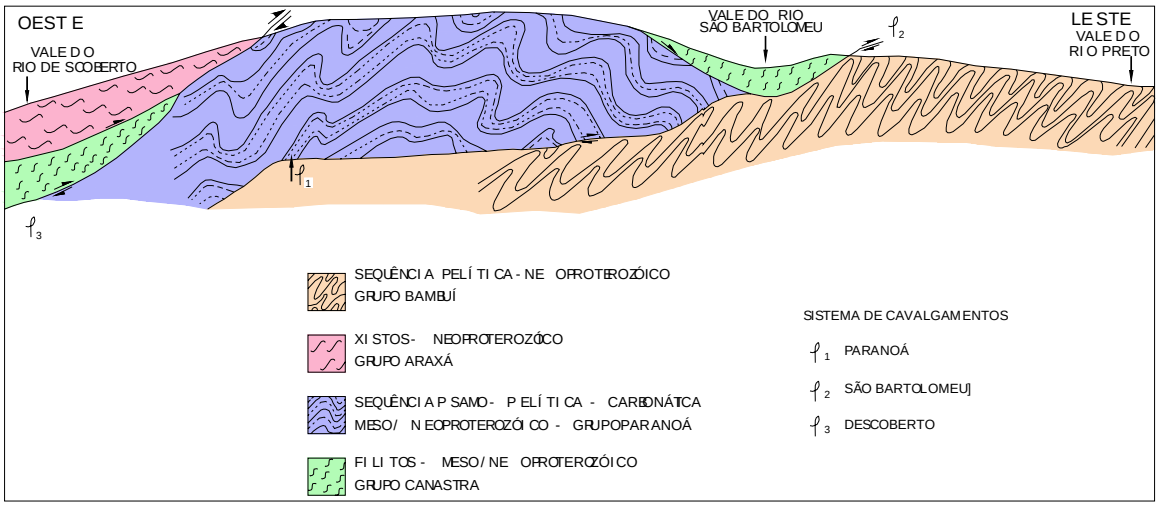


Figura 4.13 - Seção esquemática mostrando a estruturação dos três Sistemas de empurrão que compõem a Nappe do Distrito Federal (modificado de Freitas-Silva & Campos, 1998a).

O padrão de fraturamento do Distrito Federal mostrado na figura 4.14 apresenta um marcante contraste de densidade de lineamentos em função das litologias. Entretanto, esta é uma feição aparente, no campo e com uso do tratamento estatístico sendo feito das medidas de fraturas observa-se o mesmo padrão de distribuição e de densidade de fraturas seja qual for o tipo litológico. O padrão observado em mapas de lineamentos representa uma feição geomorfológica resultado do entalhe diferencial da drenagem em função da maior ou menor permeabilidade dos diferentes tipos de substrato.

O padrão de fraturamento observado na região do Distrito Federal corresponde ao padrão típico de fase final da estruturação de orógenos, apresentando duas direções preferenciais, mais ou menos ortogonais entre si, ladeadas por um espectro de juntas secundárias (*joint spectra* - Hancock, 1986 *apud* Freitas-Silva & Campos, 1998a) arranjadas com um padrão de simetria aproximadamente ortorrômbico.

4.6 SOLOS

Os sistemas pedológicos constituem modelos de organização dos solos, no espaço e no tempo (Martins, 1998).

Os estudos de sistemas pedológicos em regiões tropicais são fundamentais no entendimento da dinâmica da paisagem e do equilíbrio geoambiental (Boulet, 1974 *apud* Martins, 1998). A ocupação humana é considerada por estes autores como o fator mais ativo nas modificações dos sistemas pedológicos.

Estes estudos se relacionam com todos os outros planos de conhecimento do meio físico e biótico: geomorfologia, ecologia, clima, geologia e hidrogeologia. Os materiais que constituem os sistemas pedológicos são considerados como pertencentes a pedosfera, fruto da interação das principais esferas da Terra (litosfera, biosfera, atmosfera e hidrosfera) em toda a superfície dos continentes, formando uma interface complexa (Martins, 1998).

Os solos do Distrito Federal são similares aos solos da região do cerrado com geologia semelhante. A melhor fonte de informações sobre estes solos é o trabalho realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento de Solos da EMBRAPA, o qual produziu a carta pedológico do DF, na escala 1:100.000. A partir do trabalho citado, identifica-se que a região possui três classes de solos mais importantes, denominadas de latossolo vermelho-escuro (LE), latossolo vermelho-amarelo (LV) e cambissolo (Cb), os quais em conjunto correspondem é de 85,49 % do território do Distrito Federal.

Figura 4.14 - Mapa de lineamentos estruturais do Distrito Federal. Dados extraídos de: imagens de satélite (1:100.000), mosaicos de radar (1:250.000), fotografias áreas (1:30000) e cartas topográficas. IEA/SEMATEC/UnB (Freitas e Silva & Campos, 1998a)

Os latossolos representam 54,47% da área, divididos em LE (38,63%) e LV (15,84%). A classe LE ocorre principalmente nos topos das chapadas, na depressão do Paranoá e na bacia do Preto. A classe LV ocorre mais comumente nas bordas de chapada, superfícies planas abaixo dos topos da chapada da Contagem, sempre adjacente à classe LE. A classe LV ocorre especialmente no divisor Descoberto-Preto.

A classe Cb (31,02%) ocorre em maior área nas vertentes das bacias do Maranhão, do Descoberto e do São Bartolomeu, além das encostas com declividades mais elevadas no domínio da depressão do Paranoá e na bacia do Preto.

Todas as outras classes presentes no DF ocupam 9,06% do total, sendo representadas por: podzólicos (4,09%); brunizens avermelhados (0,09%); solos aluviais (0,19%); solos hidromórficos indiscriminados (4,16%); areias quartzosas, (0,53%). O restante da área é representada por superfície aquática e áreas urbanas (5,45%). Os podzólicos são mais típicos na bacia do Maranhão, associados ao brunizem avermelhado. Os solos aluviais ocorrem em porções restritas dos vales dos rios Preto e Maranhão. Os solos hidromórficos são importantes ao longo de córregos pequenos nascentes dos principais rios. A classe areia quartzosa é típica do rebordo de chapada, sendo comumente desenvolvidos sobre quartzitos. A seguir são descritas as principais características das classes de solos que ocorrem no Distrito Federal.

4.6.1 LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO (LE)

São solos não hidromórficos, com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, textura argilosa ou média, rica em sesquióxidos, muito porosos, bastante permeáveis e com drenagem de forte a muito boa. Também são alumínicos e muito ácidos.

A vegetação associada é geralmente de cerrado e cerradão. O relevo geralmente é plano a suavemente ondulado, de grande continuidade lateral. Ocorre nos compartimentos das chapadas elevadas e divisores planos intermediários, sobre as rochas do Grupo Paranoá. A espessura pode variar entre 20-50cm para o horizonte A e 250cm quase sempre maior para o horizonte B.

4.6.2 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LV)

A distinção entre os latossolos vermelho-escuro e latossolos vermelho-amarelo está apenas relacionada à cor do horizonte B. Alguns perfis também podem apresentar caráter concrecionário e plíntico.

A vegetação associada é geralmente de cerrado sensu stricto, campo limpo e campo sujo. Ocorre preferencialmente nas bordas das chapadas, apresentando vertentes com declividades entre 5 e 20%, retilíneas a convexas.

4.6.3 CAMBISSOLO (CB)

Esta classe é constituída por solos pouco desenvolvidos (de pequena espessura), caracterizados por possuírem horizonte B câmbico (incipiente), em que alguns minerais primários pouco estáveis ainda estão presentes.

A vegetação associada geralmente é de campo limpo. Ocorre nos compartimentos geomorfológicos das escarpas e planos intermediários e nas vertentes mais movimentadas.

As características básicas definidas para a região do DF para os horizontes B câmbico que diferenciam do latossólico são resumidas da seguinte forma: espessura quase sempre menor que 70 cm; relação Ki(SiO_2/Al_2O_3) >2,2; apresenta, em geral, textura mais grosseira; saprolito com maior espessura; as transições entre os horizontes A, (B), C são claras e abruptas.

O horizonte A apresenta cores bruno-avermelhada escura, bruno-acizentada escura e bruno escura. O horizonte B é geralmente de coloração bruno-avermelhada, bruno-amarelada, vermelho-amarelada ou vermelha.

4.6.4 PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO (PV)

A classe podzólico vermelho-amarelo (PV) é representada por solos distróficos ou álicos, com perfil do tipo A, Bt e C e distinta individualização de horizontes. As transições do horizonte A para o Bt são claras, enquanto a passagem do Bt para o C é gradual. O horizonte Bt é caracterizado por apresentar um gradiente textural, mais argiloso, em relação ao horizonte A. A espessura dos horizontes varia conforme o contexto do relevo, mas geralmente com espessuras inferiores aos latossolos, e muitas vezes inferiores a 50 cm.

A classe PV apresenta textura argilosa e média, são bem drenados e moderadamente porosos, sobretudo na parte superficial. Essas características, associadas ao relevo movimentado, conferem a esses materiais uma elevada susceptibilidade à erosão. Apresentam agregados granulares a subangulosos, pequenos a médios em dimensão.

Esta classe ocupa 0.82% da área do DF e ocorre preferencialmente na região norte e noroeste, sobre rochas da unidade pelito-carbonatada do Grupo Paranoá. Ocorrem em áreas representativas de relevo ondulado e fortemente ondulado, com altitudes variando de 800 e 900 m e sob cobertura vegetal de floresta subcaducifólia e cerradão subcaducifólio.

4.6.5 PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO (PE)

Esta classe ocorre de forma intermediária, em topossequências, entre a classe Cb, no topo, e a classe PV, na base. Localmente, ocorrem as classes terra roxa estruturada (Tre) e brunizem vermelho-amarelo (BV) associadas à PV e PE. Entretanto, estudos recentes atestam que as classes Tre e BV são consideradas como PV e PE, com diferentes graus de fertilidade.

4.6.6 SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS (HI)

Os solos hidromórficos indiscriminados incluem as classes plintossolo, gley pouco húmico, gley húmico e hidromórfico cinzento. Esses solos caracterizam-se por horizonte A bem desenvolvido e por apresentar processos de redução do Fe em ambientes com elevada atividade da água e baixa drenagem. As estruturas do horizonte B geralmente são maciças. O horizonte B da classe plintossolo apresenta mosqueados e nódulos ferruginosos. A razão K geralmente é maior que 2.2, em função da elevada atividade da sílica.

Ocorrem em torno de drenagens e pequenos vales, associadas ao afloramento do lençol freático. Os relevos geralmente são planos a suave ondulado, típicos de ocorrer nos compartimentos planos intermediários. A vegetação de matas galerias é típica desse tipo de solo.

4.6.7 AREIAS QUARTZOSAS (AQ)

A classe areias quartzosas (AQ) apresentam como material de origem os quartzitos do Grupo Paranoá, sendo típicos no compartimento geomorfológico das bordas das chapadas. A diferenciação em relação aos latossolos deve-se simplesmente à textura, que no caso da AQ é de areia franca a areia (menor que 15% de material argiloso). Os latossolos que apresentam grande contribuição de quartzitos apresentam no máximo textura média.

Na classe AQ os agregados são formados por grãos simples, compostos por quartzo. Em função da fraca estrutura, esses solos exibem grande suscetibilidade à erosão (alta colapsividade). Por outro lado, apresentam grande permeabilidade e condutividade hidráulica. As espessuras são similares às encontradas nos latossolos.

Na Tabela 4.3 se observa a distribuição percentual das áreas das sub-classes dos diferentes solos que ocorrem no DF.

Na Figura 4.15, observa-se a distribuição espacial das diferentes classes e sub-classes dos tipos de solo que ocorrem no Distrito Federal.

Tabela 4.3 – Distribuição das áreas das sub-classes dos diferentes tipos de solos no DF

Classe	Sub-classe	Km²	%
Areias quartzosas	aqd1: areias quartzosas álicas A moderado fase cerrado subcaducifólio relevo plano e suave	23,36	0,40
	aqd2: areias quartzosas álicas A moderado fase campo cerrado relevo plano e suave ondulado	6,98	0,12
Cambissolo	cd1: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado textura argilosa rel suave ondulado	17,10	0,29
	cd10: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária + cambissolo	105,91	1,82
	cd11: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária + álicos	59,62	1,03
	cd12: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária	163,32	2,81
	cd13: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária rel ondulado	386,23	6,64
	cd14: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária rel forte ond	590,88	10,16
	cd15: associação de cambissolo raso textura média cascalhenta + solos litólicos	74,66	1,28
	cd16: associação de cambissolo álico raso argila textura média cascalhenta relevo ondulado	16,73	0,29
	cd17: associação de cambissolo álico raso argila textura média cascalhenta rel forte ondulado	33,97	0,58
	cd18: associação de cambissolo álico raso argila textura média cascalhenta relevo ondulado	22,24	0,38
	cd19: associação de cambissolo álico raso argila textura média cascalhenta rel forte ondulado	15,39	0,26
	cd2: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado textura argilosa relevo ondulado	28,37	0,49
	cd3: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado txt arg cascalhenta rel ondulado	9,18	0,16
	cd4: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado txt arg cascalhenta relevo ondulado	13,30	0,23
	cd5: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado txt arg cascalhenta rel forte ond	5,31	0,09
	cd6: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado txt argilosa fase cerrado	8,62	0,15
	cd7: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado textura argilosa fase campo cerrado	44,31	0,76
	cd8: cambissolo álico argila de atividade baixa A moderado textura argilosa relevo ondulado	76,29	1,31
	cd9: associação de cambissolo textura argilosa cascalhenta fase concrecionária	114,44	1,97
Solos hidromórficos	hi1: solos hidromórficos indiscriminados fase floresta perenifólia de várzea relevo plano	34,64	0,60
	hi2: solos hidromórficos indiscriminados fase campo de várzea relevo plano	84,23	1,45
	hi3: solos hidromórficos indiscriminados fase campo higrófilo de surgente rel plano e suave ond	55,33	0,95
	hi4: associação de solos hidromo´rficos indiscriminados fase campo de várzea relevo plano	24,56	0,42
	hld: associação de laterita hidromórfica distrófica A moderada textura indiscriminada	23,25	0,40
	hpd: associação de podzólico hidromórfico álico A proeminente textura arenosa	6,79	0,12
Latossolo vermelho-escuro	led1: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado ou proeminente textura argilosa	74,18	1,28
	led2: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado textura argilosa fase cerradão	102,12	1,76
	led3: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado textura argilosa fase cerrado	1649,81	28,38
	led4: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado textura argilosa fase campo	401,53	6,91
	led5: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado textura média fase cerradão	1,32	0,02
	led6: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico A moderado textura média fase cerrado	39,49	0,68
Latossolo vermelho-amarelo	lvd1: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura argilosa fase floresta	14,15	0,24
	lvd10: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado txt média fase campo cerrado subs. conc.	39,48	0,68
	lvd11: latossolo vermelho-amarelo álico concrecionário A moder txt arg relevo suave ondulado	18,19	0,31
	lvd12: latossolo vermelho-amarelo álico concrecionário A moderado txt argilosa relevo ondulado	15,38	0,26
	lvd13: latossolo vermelho-amarelo álico concrecionário A moderado txt argilosa relevo plano	17,74	0,31
	lvd14: latossolo vermelho-amarelo álico moderadamente drenado A moderado textura argilosa	48,79	0,84
	lvd2: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura argilosa fase cerrado	320,62	5,51
	lvd3: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado txt arg fase cerrado subs. concrecionário	20,73	0,36
	lvd4: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura argilosa fase campo cerrado	203,12	3,49
	lvd5: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado txt arg fase campo cerrado subs. concrec.	46,40	0,80
	lvd6: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura média fase cerrado	101,24	1,74
	lvd7: associação de latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura média fase cerrado	12,75	0,22
	lvd8: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura média fase cerrado subs. concrec.	9,96	0,17
	lvd9: latossolo vermelho-amarelo álico A moderado textura média fase campo cerrado	52,84	0,91
Podzólico vermelho-escuro	pe1: podzólico vermelho-amarelo equival. eutrófico arg de ativ baixa A mod txt arg rel suave ond	23,46	0,40
	pe2: podzólico vermelho-amarelo equival. eutrófico arg de ativ baixa A mod txt arg rel ondulado	52,83	0,91
	pe3: podzólico vermelho-amarelo equival. eutrófico arg de ativ baixa A mod txt arg rel forte ond	43,08	0,74
Podzólico vermelho-amarelo	pv1: podzólico vermelho-amarelo argila de atividade baixa A moderado txt arg relevo ondulado	11,34	0,20
	pv2: podzólico vermelho-amarelo argila de atividade baixa A moder. txt arg rel. forte ondulado	15,31	0,26
	pv3: podzólico vermelho-amarelo álico argila de atividade baixa A moderado textura argilosa	13,17	0,23
	pv4: podzólico vermelho-amarelo álico pedregoso argila de baixa A moderado textura média	5,95	0,10
Otros	tre1: terra roxa estruturada similar eutrófica A moderado textura argilosa relevo suave ondulado	8,10	0,14
	tre2: terra roxa estruturada similar eutrófica A moderado textura argilosa relevo ondulado	33,35	0,57
	tre3: terra roxa estruturada similar eutrófica A moderado txt argilosa relevo suave forte ondulado	29,78	0,51
	ade: associação de solos aluviais distróficos e eutróficos indiscriminados + podzólico verm-amar	12,38	0,21
	bv: associação de brunizem avermelhado textura argilosa + afloramentos de calcário	4,07	0,07
	Barragem	7,29	0,13
	Brasília	201,33	3,46
	Brazlândia	3,43	0,06
	Ceilândia e Taguatinga	33,39	0,57
	Gama	14,19	0,24
	Lago do rio Descoberto	12,56	0,22
	Lago Paranoá	39,13	0,67
	Lagoa Bonita e Lagoa Joaquim Medeiros	1,8	0,04
	Planaltina e Sobradinho	13,21	0,22
	TOTAL	5.814,00	100,00

Figura 4.15 - Mapa Pedológico do Distrito Federal (EMBRAPA, 1998).

4.7 SISTEMAS PEDOLÓGICOS DO DISTRITO FEDERAL

A partir da distribuição dos solos na paisagem é possível uma maior compreensão dos sistemas pedológicos do DF. A relação entre a geologia, geomorfologia e solos podem ser visualizados com maior precisão por meio desses sistemas.

Inicialmente, as vertentes apresentam características peculiares entre os diversos compartimentos geomorfológicos (Figura. 4.16). As transições entre planaltos, bordas de chapadas, planos intermediários e planícies são distintas, principalmente em função do controle lito-estrutural. No caso do setor domo de Brasília, as transições entre planaltos e escarpas (Figura 4.16) ocorre de forma brusca na porção norte, enquanto que as transições entre planaltos/borda de chapada/escarpas/planos intermediários apresentam declividades intermediárias na porção leste (Figura 4.16 B) e transições planaltos/ borda de chapada /planos intermediários são suaves nas porções internas (Figura 4.16 C). Nas bacias do Descoberto e São Bartolomeu, o compartimento planos intermediários apresenta relevo movimentado e residuais de aplainamento (Figura 4.16 D). Na bacia do Maranhão, o relevo apresenta relevo movimentado com formas próximas de meia-laranja, em planos intermediários, e planas no compartimento planícies (Figura 4.16 E).

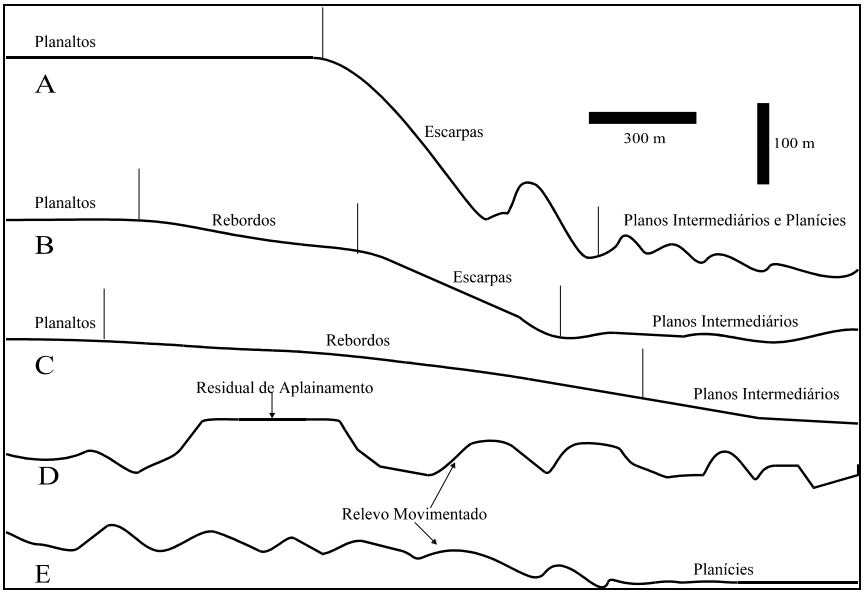


Figura 4.16 - Vertentes do Distrito Federal. A. Transição Planaltos/Escarpas/Planos Intermediários na porção norte do setor domo de Brasília, mostrando vertentes com elevada declividade e maior índice de aprofundamento de drenagem, B. Transição Planaltos/Rebordos/Escarpas/Planos Intermediários na porção leste do setor domo de Brasília, mostrando vertentes com declividades intermediárias, C. Transição Planaltos/Rebordos/Planos Intermediários na porção interna do setor domo de Brasília, mostrando vertentes com declividades baixas, D. Planos Intermediários nas bacias do São Bartolomeu e Descoberto mostrando presença de residuais de aplainamento e relevo movimentado, E. Planos Intemediários e Planícies na bacia do Maranhão, mostrando relevo movimentado e plano. Fonte: Martins, 1998.

Essas vertentes representam organizações da paisagem e de seus diversos estratos pedológicos. Nas chapadas, o LE, textura média, é a classe de solo mais representativa, tendo como materiais de origem os metarritmitos e quartzitos do Grupo Paranoá. Nas porções de bordas de chapadas a classe mais representativa é o LV, textura argilosa, geralmente com caráter plíntico. Somente onde predomina quartzitos, sem intercalações de materiais mais argilosos, ocorre subsidiariamente à classe RQ.

Nas porções de planos intermediários ocorrem contextos distintos. Nas porções internas do semi-domo de Brasília e na bacia do Preto, divisores estão cobertos pela classe LE, textura argilosa, enquanto que nas vertentes ocorre LV, textura argilosa e caráter plíntico, e ao longo das drenagens solos hidromórficos. Nas bacias do Descoberto e São Bartolomeu ocorrem às classes Cb nos relevos mais movimentados e LV, textura argilosa e caráter plíntico, nos residuais de aplainamento. Na bacia do Maranhão ocorrem as classes Cb nas vertentes mais íngremes e as classes PV e PE nas porções com declividades menores.

Essa organização das classes pedológicas na paisagem reflete-se no controle lito-estrutural e no equilíbrio geoambiental. As porções com declividades baixas das chapadas apresentam LE, como resultado do domínio do intemperismo químico sobre o físico. Nas bordas de chapadas, o potencial erosivo aumenta, mas a presença de couraças associadas à classe LV diminui esse processo. Nas escarpas a Cb é a classe dominante, em função da contínua erosão e diminuição dos processos químicos. Nos planos intermediários, dependendo das características das vertentes, todos esses processos podem ocorrer, apresentando todos os tipos de solos.

4.8 HIDROGRAFIA

O sistema hidrológico do Distrito Federal é caracterizado por cursos d'água que apresentam características típicas de drenagem de área de planalto onde são freqüentes os desníveis e os vales encaixados. A área do Distrito Federal foi dividida em três regiões hidrográficas: Paraná, São Francisco e Tocantins/Araguaia. De acordo com a SEMATEC (1994), considerando-se a drenagem calcula-se que, aproximadamente 62,5% da área do Distrito Federal contribui para a bacia do Paraná, compreendendo a região centro-oeste do DF; 24,2% contribui para a bacia do São Francisco, compreendendo a região leste; e 13,3% contribui para a bacia do Tocantins/Araguaia, compreendendo a região noroeste (Campana, 1998).

A Lei Orgânica do Distrito Federal e a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993, que dispõe sobre a política de recursos hídricos do Distrito Federal e institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos - SGIRH e concede a SEMATEC a função de órgão gestor deste sistema. Em 1994, a SEMATEC elaborou um mapa das Unidades Hidrográficas do Distrito Federal levando em consideração a relação entre as características físicas dos recursos hídricos e os aspectos políticos e sócio-econômicos.

A metodologia empregada consistiu em três etapas distintas: Na primeira, procedeu-se uma divisão do DF em três regiões hidrográficas, baseando-se nas três grandes bacias de referência: Paraná, São Francisco e Tocantins/Araguaia, (Figura 4.17).

Numa segunda etapa, tendo como referência os principais rios das regiões hidrográficas, as mesmas foram subdivididas em sete bacias hidrográficas: São Bartolomeu, Lago Paranoá, Descoberto, Maranhão, Preto, Corumbá e São Marcos, (Figura 4.18).

A terceira etapa consistiu na divisão das bacias hidrográficas em 36 unidades menores, para efeito de planejamento e gerenciamento, sendo denominadas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento (Figura 4.19).

A Tabela 4.4 apresenta a sinopse das regiões, bacias e unidades hidrográficas de gerenciamento do Distrito Federal.

No Distrito Federal podem ser diferenciados dois grandes grupos de aqüíferos, que correspondem à classificação maior dos reservatórios subterrâneos de água, incluindo o domínio aqüífero poroso e o domínio aqüífero fraturado. A melhor caracterização dos vários sistemas requer a subdivisão em subsistemas, evidenciando a real diversificação dos domínios, sistema e subsistemas aqüíferos.

Figura 4.17 – Regiões Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994)

Figura 4.18 – Bacias Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994).

Figura 4.19 – Unidades Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: SEMATEC (1994).

Tabela 4.4 - Regiões, bacias e unidades hidrográficas de gerenciamento do DF.
Fonte: SEMATEC (1994).

REGIÃO HIDROGRÁFICA	BACIA HIDROGRÁFICA	UNIDADE HIDROGRÁFICA
BACIA DO PARANÁ	RIO SÃO BARTOLOMEU	PIPIRIPAU
		MESTRE D'ARMAS
		SOBRADINHO
		PARANOÁ
		TABOCA
		PAPUDA
		CACHOEIRINHA
		SANTANA
		SAIA VELHA / MARIA PEREIRA
	LAGO PARANOÁ	SANTA MARIA / TORTO
		BANANAL
		LAGO PARANOÁ
		RIBEIRÃO DO GAMA
		RIACHO FUNDO
	RIO DESCOBERTO	LAGO DESCOBERTO
		DOIS IRMÃOS
		MELCHIOR / BELCHIOR
		BURITI
		ENGENHO DAS LAGES
	RIO CORUMBÁ	ALAGADO / PONTE ALTA
		SANTA MARIA
	RIO SÃO MARCOS	SAMAMBAIA
BACIA DO SÃO FRANCISCO	RIO PRETO	SANTA RITA
		JACARÉ
		SÃO JOSÉ
		EXTREMA
		BURITI VERMELHO
		ALTO JARDIM
		MÉDIO JARDIM
		BAIXO JARDIM
		CAPÃO DO LOBO
		SÃO BERNARDO
BACIA DO TOCANTINS / ARAGUAIA	RIO MARANHÃO	VEREDA GRANDE
		SONHIM
		PEDREIRA
		PALMA

4.8.1 DOMÍNIO POROSO

Os aqüíferos do domínio poroso são caracterizados por reservatórios onde a água ocupa os espaços entre os minerais constituintes do corpo rochoso. Como no Distrito Federal não existem rochas sedimentares com espaços intersticiais, este domínio é representado pelo manto de alteração das rochas (solos). A importância local dos aqüíferos deste domínio está vinculada a dois parâmetros principais: espessura saturada (b) e condutividade hidráulica (K), sendo que ambos são diretamente controlados pela geomorfologia e pela geologia de seu substrato.

Os aqüíferos deste domínio são compostos por solos com espessuras variando de poucos centímetros até a 80 metros e, de forma geral, homogêneo. Os aqüíferos relacionados a este domínio são classificados como aqüíferos livres e/ou suspensos, com pela continuidade lateral, compondo o sistema de águas subterrâneas rasas. Estes aqüíferos geralmente são

aproveitados por poços rasos, sendo a altura do nível freático controlada pela hipsometria e feições físicas gerais dos vários tipos desses. São aqüíferos susceptíveis à contaminação por agentes externos, sendo, em geral, isolados em sistemas de abastecimento público.

Em função dos parâmetros mencionados anteriormente (b e K), este domínio pode ser dividido em quatro sistemas denominados P1, P2, P3 e P4. Os sistemas P1, P2 e P3 são caracterizados por grandes espessuras (> 5 metros) e condutividade hidráulica respectivamente alta, média e baixa. O sistema P4 caracteriza-se por pequenas espessuras (comumente menores que 1 metro) e condutividade hidráulica baixa.

Este domínio aqüífero apresenta particularidades devido ao fato de representar a transição entre a zona vadosa e a zona saturada do aqüífero. Esta porção também inclui a região onde se originam os processos de recarga dos aqüíferos, a partir da infiltração de chuva. Uma importância adicional deste domínio está vinculada à manutenção da perenidade de drenagens no período de recessão de chuvas.

4.8.2 DOMÍNIO FRATURADO

Os aqüíferos do domínio fraturado são caracterizados pelos meios rochosos, onde os espaços ocupados pela água são representados por fraturas, microfraturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas. Como no Distrito Federal o substrato rochoso é representado por metassedimentos, os espaços intergranulares foram preenchidos durante a litificação e o metamorfismo. Dessa forma, os eventuais reservatórios existentes nas rochas proterozóicas são inclusos dentro do domínio fraturado, onde os espaços armazenadores de água são classificados como porosidade secundária.

Por estarem restritos a zonas que variam de poucos a centenas de metros, os aqüíferos do domínio fraturado são livres ou confinados, de extensão lateral variável e fortemente anisotrópicos e heterogêneos, compondo o sistema de águas subterrâneas profundas. Com raras exceções, este domínio está limitado a profundidades pouco superiores a 250 metros, sendo que em profundidades maiores há uma tendência de selamento dos planos abertos pela pressão litostática.

Os parâmetros hidrodinâmicos são muito variáveis em função do tipo de rocha, variando significativamente em um mesmo tipo litológico. O principal fator que controla a condutividade hidráulica dos aqüíferos deste domínio é a densidade das descontinuidades do corpo rochoso. Estes aqüíferos são aproveitados através de poços tubulares profundos e

apresentam vazões que variam de zero até valores superiores a 100.000 L/h, sendo que a grande maioria dos poços apresenta entre 5.000 e 12.000 L/h.

A base atualizada do conhecimento geológico, a análise estatística dos dados de vazões e as feições estruturais permitiram a classificação deste domínio em quatro conjuntos distintos, denominados de sistemas aquíferos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. O Sistema Paranoá foi subdividido nos seguintes subsistemas: S/A, A, R3/Q3, R4 e PPC, enquanto o Sistema Canastra foi subdividido nos subsistemas: F e Q/F/M.

As águas subterrâneas deste domínio apresentam exposição à contaminação atenuada, uma vez que os aquíferos do domínio poroso sobrepostos funcionam como um filtro depurador natural, que age como um protetor da qualidade das águas mais profundas.

A recarga dos aquíferos deste domínio se dá através do fluxo vertical e lateral de águas de infiltração a partir da precipitação pluviométrica. A morfologia da paisagem é um importante fator controlador das principais áreas de recarga regional. A Tabela 4.5 mostra a sinopse do quadro hidrogeológico do Distrito Federal.

Tabela 4.5 – Resumo da classificação dos Domínios, Sistemas/Subsistemas aquíferos do Distrito Federal com respectivas vazões médias.

AQÜÍFERO (Sistema/Subsistema)	MÉDIAS DAS VAZÕES (L/h)
AQÜÍFEROS DO DOMÍNIO POROSO	
SISTEMAS P_1, P_2, P_3 e P_4	< 800
AQÜÍFEROS DO DOMÍNIO FRATURADO	
SISTEMA PARANOÁ	
Subsistema S/A	12.700
Subsistema A	4.390
Subsistema Q_3/R_3	12.200
Subsistema R_4	6.150
Subsistema PPC	9.100
SISTEMA CANASTRA	
Subsistema F	7.500
Subsistema F/Q/M	33.000
SISTEMA BAMBUÍ	5.210
SISTEMA ARAXÁ	3.150

4.9 VEGETAÇÃO

Segundo Condé (1998), o Distrito Federal, assim como os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, parte sul do Mato Grosso, oeste da Bahia e oeste de Minas Gerais, faz parte da província vegetacional do cerrado.

Dentro da província do cerrado, cerca de 85% do terreno é coberta com a própria vegetação do cerrado e o restante é ocupado por corpos d'água ou por outros tipos de vegetação terrestre ou brejos determinados por condições especiais de substrato, tais como matas ciliares, matas mesofíticas e veredas, nos fundos dos vales, que cortam a paisagem; manchas de floresta mesofítica de interflúvio sobre latossolos mais férteis e sobre solos derivados de rochas carbonáticas, campo rupestre a altitudes moderadas, nas serras, sobre solo raso arenoso derivado de rochas quartzosas, campos miscelâneos de pequena área sobre solos rasos localizados em altitudes mais baixas, tabuleiros e outros tipos de brejos e vegetação sobre afloramentos de rocha (SEMA, 1988).

De acordo com Dias, 1993 apud Conde, 1998, aproximadamente 70 milhões de hectares, cerca de 34% da área do Bioma do Cerrado, estão de alguma forma protegidos pelo governo. No Distrito Federal esta área sobe para cerca de 42%.

Segundo o GDF (2005), as diretrizes ambientais orientam o PDOT na ocupação do território, nas áreas para habitação, nas áreas de desenvolvimento econômico e social, nos transportes e na rede viária estrutural. Tais diretrizes respeitam as restrições ambientais e garantem condições de saneamento ambiental, priorizando a ocupação de áreas que resultem em menor custo social e ambiental, protegendo os recursos superficiais e subterrâneos. As principais características de cada tipo de vegetação são descritas com

4.9.1 CERRADO

Também denominado cerrado típico, é o mais freqüente do Distrito Federal. Caracteriza-se por árvores mais espaçadas e de menor porte; possui uma camada lenhosa que se destaca da camada rasteira.

De acordo com SEMATEC/IEMA (1994) este tipo de vegetação, excluindo-se as pequenas porções de cerradão, recobre cerca de 44% da área do Distrito Federal (Figura 4.20 A).

4.9.2 CERRADO RALO OU CAMPO CERRADO

Vegetação campestre, com predomínio de gramíneas, pequenas árvores e arbustos bastante esparsos entre si. É uma forma intermediária de vegetação entre o cerrado típico e o campo sujo. O cerrado ralo difere do cerrado típico por ser mais aberto e pelas espécies que o compõem, que embora comuns às outras fisionomias, apresentam porte mais reduzida e às vezes característica inconfundíveis (Figura 4.20 B).

4.9.3 CERRADÃO

O cerradão foi definido por Eiten, 1990 apud Conde, 1998, como uma comunidade de cerrado formada por dossel de 7m ou mais de altura que cobre 30% ou mais da superfície do terreno. É constituído de dossel alto e fechado, apresentando uma densa camada de arbustos e arvoretas. Ocorre principalmente em latossolos vermelhos, em áreas de relevo plano.

4.9.4 CAMPO LIMPO

A característica principal deste tipo fisionômico é a predominância absoluta de ervas e semiarbustos, raramente alcançam 1 metro de altura. A sua composição florística é quase idêntica à camada rasteira dos campos sujos de cerrado e campos cerrados da mesma região. Os campos limpos cobrem uma área de cerca de 111.342,9 ha (19,2%) do Distrito Federal, ocorrendo comumente nas escarpas íngremes das chapadas e nas suas colinas de encostas íngremes erodidas, compartilhando o mesmo habitat com os campos sujos e o cerrado (Figura 4.20 C).

Essa vegetação situa-se usualmente em regiões com bissolos, nos quais ocorre uma real deficiência de água durante os meses secos. Podem chegar a recobrir a totalidade das chapadas arenosas, encostas íngremes das chapadas, colinas de encostas íngremes erodidas, topos e encostas de morros.

4.9.5 CAMPO SUJO

O campo sujo de cerrado é formado por uma camada lenhosa descontínua de arbustos permanentes de 0,8m a 1,2m de altura, e outra rasteira formada por ervas, semi-arbustos e arbustos recorrentes de caule fino. Algumas vezes este tipo fisionômico apresenta-se com árvores que em geral são de pequeno porte e muito esparsadas, ocorre em cambissolos e raramente em latossolos, (Figura 4.20 D).

Manchas deste tipo de vegetação são também freqüentes no Parque Nacional de Brasília.

4.9.6 MATA CILIAR

São aquelas que ficam bem próximas às nascentes, córregos, rios, lagos e outros cursos d'água, também chamada de mata galeria. Pode ser subdividida em duas: a mata ciliar úmida ou inundada e a mata ciliar seca, (Figura 4.20 E).

4.9.7 MATAS MESOFÍTICAS

Formações florestais desenvolvidas em tipos especiais de solos dos interflúvios que às vezes são confundidas com as matas ciliares. Esta classe pode ser subdividida em mata mesofítica sempre verde e subcaducifólia/ou caducifólia, dependendo do grau de deciduidade de seus componentes (Ribeiro et al., in SEMA 1988).

4.9.8 VEREDAS

Ambientes bastante peculiares onde o solo apresenta uma constante saturação d'água, formando verdadeiros pântanos. Ocorre geralmente em solos ralos, mas aparece também em encostas de morros e afloramentos rochosos. É formada pela palmeira Mauritia flexuosa (Buriti) emergente em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivas e herbáceas, (Figura 4.20 F).

As veredas, assim como os campos de murunduns, representam um tipo de vegetação composta comuns ao longo dos fundos de vales, são formações perenifolias dominadas por espécies adaptadas para o desenvolvimento em solos permanentemente alagados, apresentando três tipos de vegetação. A borda das veredas é constituída por campo úmido sazonalmente saturado geralmente dominado por espécies das famílias Cyperaceae e Gramineae. O centro das veredas, no fundo plano dos vales, é formado por brejo graminoso permanente, contendo, na sua porção central, uma faixa caracterizada pela presença de buritis, associados ou não a algumas árvores e arbustos.

Distribuídas de forma esparsa por toda a região do Distrito Federal, as veredas encontram-se em acelerado processo de destruição devido à antropização do meio ambiente tais como ocupação urbana e drenagem dos brejos para implantação de projetos agrícolas e/ou derivação indevidas de suas águas para a irrigação.

A Figura 4.20 apresenta alguns dos tipos de vegetação que ocorrem no Distrito Federal.

4.10 CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen, 1980 apud Baptista, 1998, o clima do Distrito Federal é tropical com a concentração da precipitação pluviométrica no período de verão. Os meses mais chuvosos são novembro, dezembro e janeiro, e a época seca ocorre nos meses de inverno, ou seja, de junho a agosto. Dentro da área não há variações significativas da precipitação pluviométrica, entretanto as diferenças altimétricas são

A. B.

C. D.

E. F.

Figura 4.20 – Vegetação do Distrito Federal: (A) Cerrado, (B) Campo ralo ou campo cerrado, (C) Campo limpo, (D) Campo sujo, (E) Mata Ciliar e (F) Veredas.

Fonte: Governo do Distrito Federal - Flora do Jardim Botânico (2006)

responsáveis por variações na temperatura, fato que permite a observação dos seguintes tipos climáticos:

- Tropical (Aw) - Clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é superior a 18°C. Este tipo climático situa-se aproximadamente nos locais com cotas altimétricas abaixo de 1.000 metros, por exemplo, as bacias hidrográficas do São Bartolomeu, do Preto, do Descoberto e do Maranhão.

- Tropical de Altitude (Cwa) - O mês mais frio possui temperatura inferior a 18°C com uma média superior a 22°C no mês mais quente. Este tipo corresponde à unidade geomorfológica conhecida como Pediplano de Brasília, que abrange aproximadamente as altitudes entre 1.000 e 1.200 metros.
- Tropical de Altitude (Cwb) - Caracterizado por uma temperatura inferior a 18°C no mês mais frio com média inferior a 22°C no mês mais quente. Abrange as áreas com cotas altimétricas acima de 1.200 metros, que corresponderá à unidade geomorfológica Pediplano Contagem/ Rodeador.

É importante ressaltar que no período de inverno, caracterizado por estabilidade, ocorre a inversão térmica por radiação na camada inferior da atmosfera, responsável pela ocorrência da bruma seca e pela acumulação de fumaça e particulados oriundos das atividades humanas, como por exemplo, a queimada.

A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/julho/agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual. Em termos de totais anuais, a precipitação média interanual, no Distrito Federal, varia entre 1.200 mm a 1.700 mm. (Ferrante et al., 2000).

Segundo Batista (1998), a temperatura na região de Brasília é influenciada basicamente por dois fatores: latitude e altitude. Teoricamente, quanto menor for à latitude maior será a temperatura, pois o local estará mais próximo da linha do equador, onde o ângulo de incidência de radiação solar é praticamente perpendicular à superfície, ou seja, a dispersão de calor é menor do que em zonas temperadas e/ou polares. O DF está situado entre as latitudes de 15°00' e 16°30' Sul, dentro da faixa intertropical.

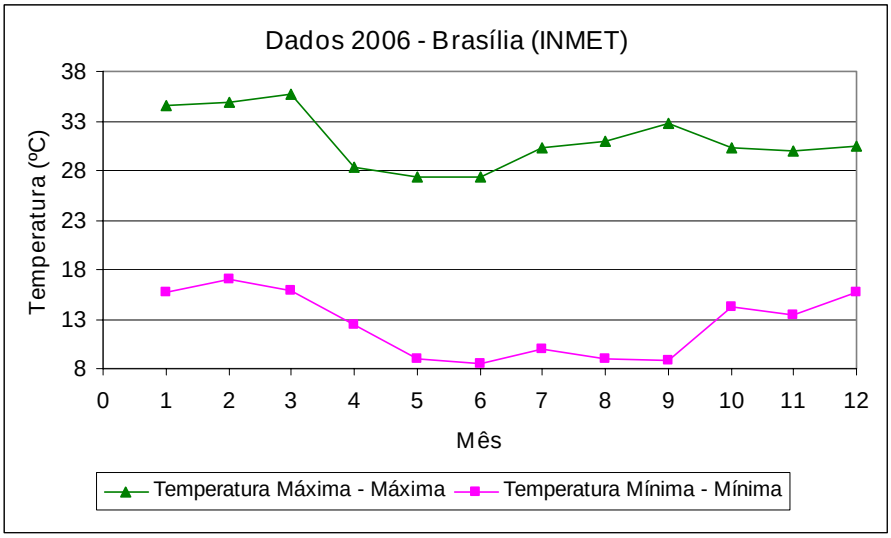
A temperatura média anual varia de 18º a 22º C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22º C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16º e 18º C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2º C e máximas de 33ºC são registradas, respectivamente, no inverno e no início do verão (Ferrante et al., 2000).

A porcentagem de umidade oscila diariamente em função dos períodos de maior ou menor temperatura. Na região dos cerrados é muito comum que o período de inverno, principalmente nos meses de julho a setembro, a umidade relativa do ar chegue a níveis

muito baixos, cujos valores oscilam entre 50 a 80% aproximadamente (estação Brasília), o que representa um declínio mais no inverno, para o clima tropical semi-úmido. No início da seca, os valores atingem menos de 20% no final do período; no período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 2%, secura típica do deserto.

Na Figura 4.21 se apresentam dados das temperaturas máximas e mínimas - médias e temperaturas máximas máxima - mínimas mínima, para o ano de 2006, (INMET, 2006).

a)



b)

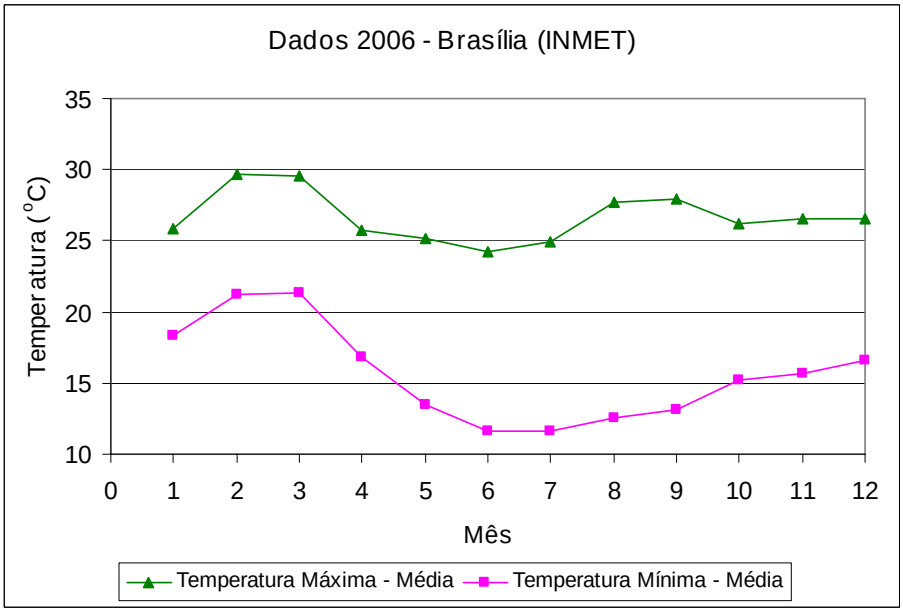
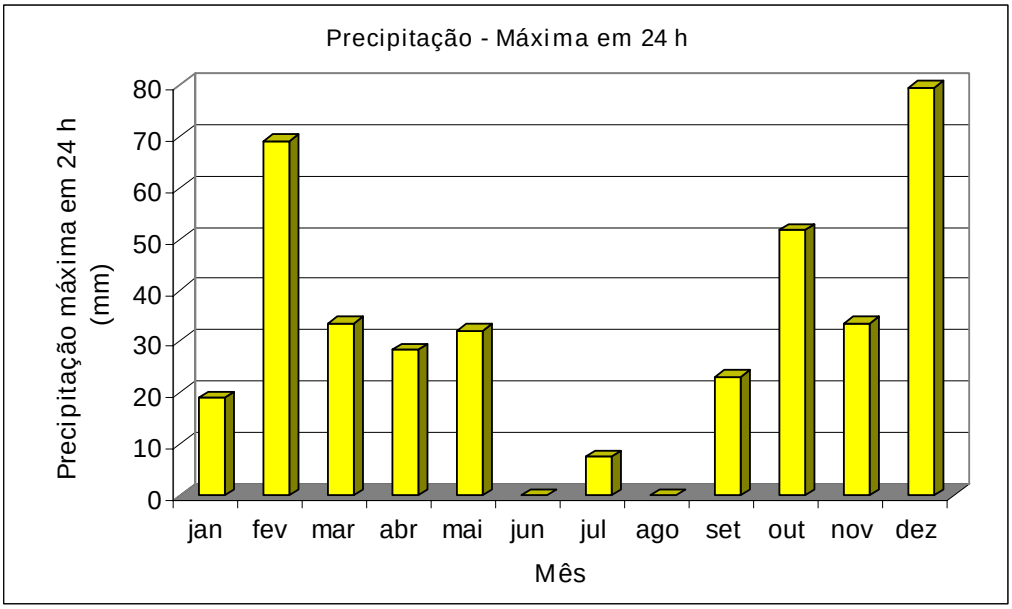


Figura 4.21 - Dados meteorológicos: (a) Temperatura máximas máxima e mínimas mínima e (b) Temperatura máximas e mínimas - médias, para o ano de 2006.

Fonte: INMET (2006)

Na Figura 4.22 se apresentam dados para as precipitações (a) máximas em 24 horas e (b) acumulada mensal X precipitação (normal climatológica 61-90), para o ano de 2006, (INMET, 2006).

a)



b)

Figura 4.22 – Dados de precipitações: (a) máximas em 24 horas e (b) acumulada mensal X precipitação (normal climatológica 61-90), para o ano de 2006.

Fonte: INMET (2006)

Capítulo

5

Análise e apresentação de resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa de acordo com a metodologia proposta. Inicialmente apresenta-se o modelo numérico de terreno (MNT), o mapa de declividade, o mapa de distribuição das feições erosivas, o mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas, o banco de dados georreferenciado das feições erosivas cadastradas no Distrito Federal, a compartimentação morfopedológica e o mapa de susceptibilidade a processos erosivos lineares, sendo que os dois primeiros são partes dos mapas básicos necessários ao emprego da metodologia proposta.

5.1 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MNT)

Com o fatiamento da TIN (grade irregular triangular) obtida no Arc GIS 9.0, elaborou-se o mapa hipsométrico onde foram estabelecidos os intervalos das classes hipsométricas de 50 em 50 metros ficando assim definidos: 1ª) 715 – 750m; 2ª) 750 – 800m; 3ª) 800 – 850m; 4ª) 850 – 900m; 5ª) 950 – 1.000m; 6ª) 1.000 – 1.050m; 7ª) 1.050 – 1.100m; 8ª) 1.100 – 1.150m; 9ª) 1.150 – 1.200m; 10ª) 1.200 – 1.250m; 11ª) 1.200 – 1.250m; 12ª) 1.250 – 1.300m e 13ª) 1.300 – 1.340m

Na Tabela 5.1 e Figura 5.1, se observa à distribuição das treze classes hipsométricas definidas. Aproximadamente, 70% do Distrito Federal, localiza-se na faixa de 900 – 1.150 m de altitude.

Tabela 5.1- Distribuição das classes hipsométricas no Distrito Federal.

Classes Hipsométricas (m)	Área em km²	Área em %
715 – 750	3,36	0,1
750 – 800	33,46	0,6
800 – 850	123,35	2,1
850 – 900	551,44	9,5
900 – 950	978,67	16,8
950 – 1000	863,77	14,9
1000 – 1050	849,69	14,6
1050 – 1100	705,12	12,1
1100 – 1150	690,88	11,9
1150 – 1200	478,18	8,2
1200 – 1250	372,19	6,4
1250 – 1300	144,74	2,5
1300 – 1340	19,14	0,3
TOTAL	5.814	100

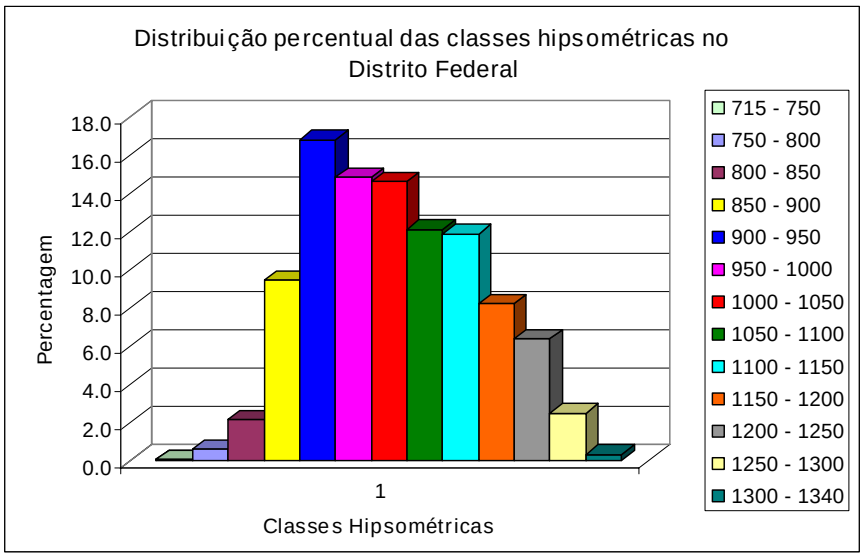


Figura 5.1 - Distribuição percentual das classes hipsométricas no Distrito Federal.

Com base nesses dados realizou-se um gráfico da integral hipsométrica ou curva hipsométrica (Figura 5.2), ferramenta clássica em geomorfologia (Strahler, 1952 apud Riffel, 2005). A integral hipsométrica representa o gráfico cuja ordenada refere-se à altitude e a abscissa à freqüência acumulada ou à área em que a altitude é maior do que a altitude considerada. Nessa integral se pode notar uma tendência retilínea indicando ser a área fruto de processos de aplainamento/basculamento.

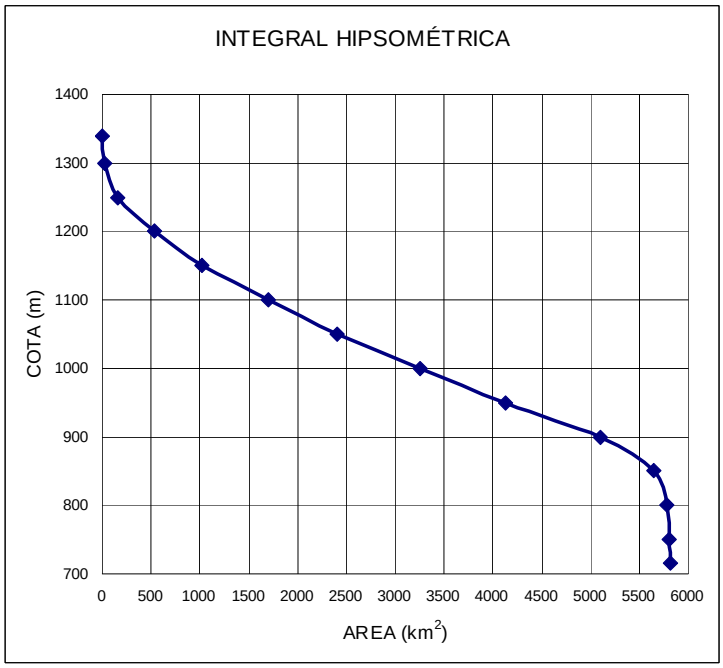


Figura 5.2 – Integral hipsométrica.

Sobre o mapa hipsométrico foram traçados três perfis com orientações SW – NE, NW – SE e W – E, a finalidade dos perfis é avaliar a variação da topografia no DF (Figura 5.3).

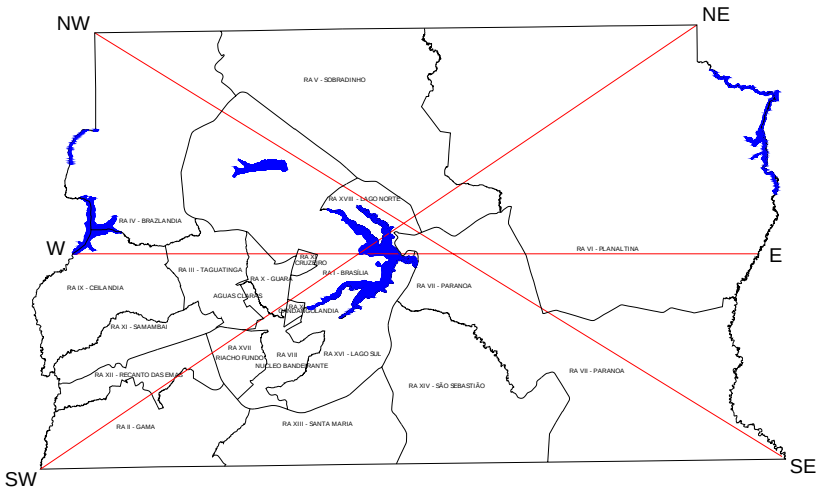


Figura 5.3 – Localização dos perfis

No perfil SW – NE o ponto mais alto corresponde a Chapada de Brasília e os outros dois pontos mais altos correspondem à Chapada de Contagem e Pipiripau, respectivamente. A porção mais ao SW corresponde ao Vale do rio Descoberto/Alagado e a outra depressão corresponde ao Vale do rio São Bartolomeu, assim mesmo, entre as chapadas de Brasília e Contagem localiza-se a Depressão do Paranoá (Plano Piloto e Lago Paranoá) (Figura 5.4).

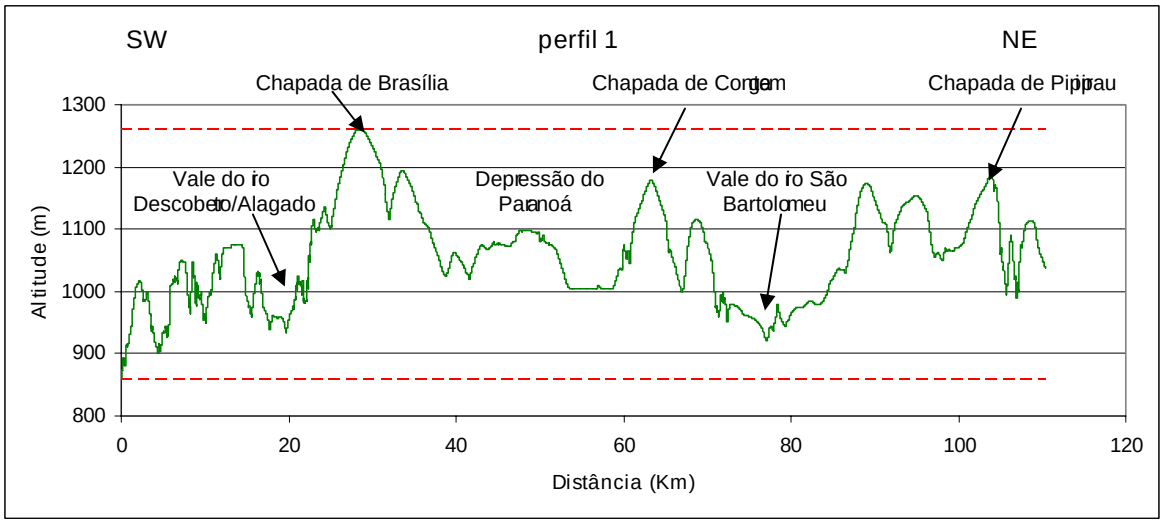


Figura 5.4 – Perfil Nº 1 com orientação SW – NE.

A Figura 5.5 apresenta o perfil com orientação NW – SE sendo que o ponto mais alto ao NW corresponde a Chapada de Contagem, ao lado pode-se observar o Vale do rio São Bartolomeu. A porção central corresponde à Depressão do Paranoá, onde se observa pequenos vales correspondentes à drenagem secundária das periferias do Plano Piloto e um basculamento na direção SE.

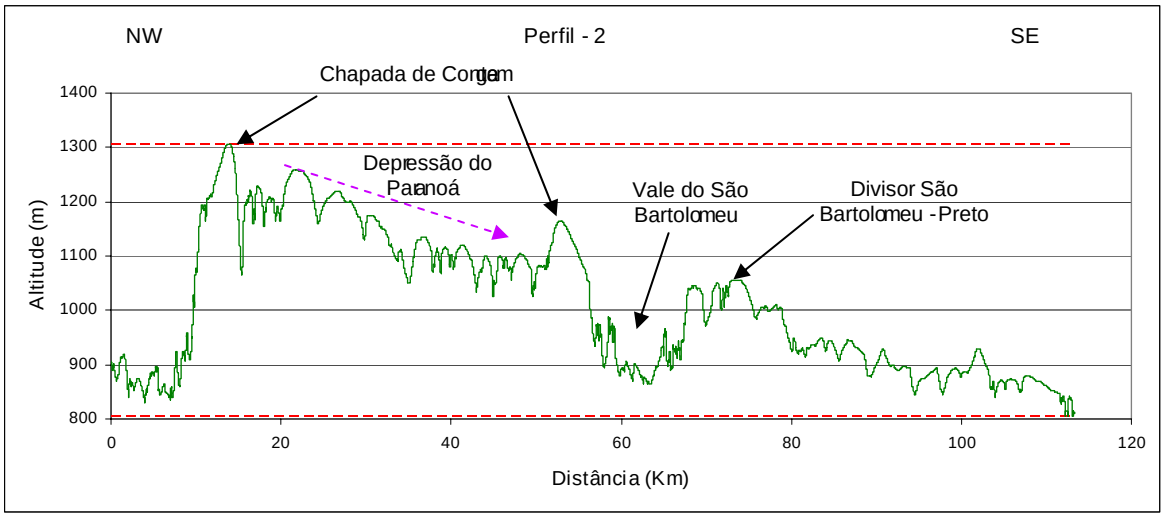


Figura 5.5 – Perfil Nº 2 com orientação NW – SE.

O perfil com orientação W – E proporciona uma visão geral do arcabouço geomorfológico do Distrito Federal, as altitudes mínimas e máximas variam entre 850m – 1.280m, respectivamente. Sendo que os pontos mais altos correspondem a regiões de Chapada localizadas ao oeste da região.

No perfil Nº 3 (W_E), o ponto mais alto corresponde à Chapada da Contagem seguido da Depressão do Paranoá onde se localiza o Lago Paranoá, assim mesmo se observar o Vale do Rio São Bartolomeu para terminar com a porção mais ao leste correspondente as drenagens da depressão do Rio Preto (Figura 5.6).

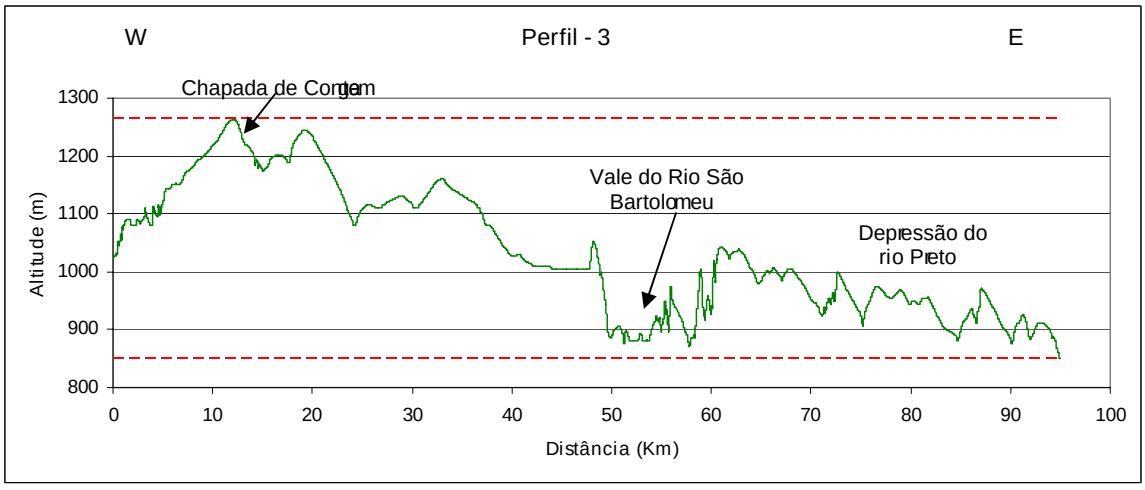


Figura 5.6 – Perfil Nº 3 com orientação W – E.

Na Figura 5.7 se pode observar o mapa hipsométrico do Distrito Federal, o qual fornece uma boa visão dos padrões geomorfológicos como são: a região de chapadas localizadas nas maiores altitudes, superfícies de dissecação localizadas nas menores altitudes e superfícies deprimidas em altitudes intermediárias.

Figura 5.7 - Mapa hipsométrico do Distrito Federal.

5.2 MAPA DE DECLIVIDADE

A mesma TIN (grade irregular triangular) gerada no programa Arc GIS 9.0 foi utilizada para a elaboração do mapa de declividade, definindo os intervalos das classes de declividade foram e correspondem aos seguintes dados em percentagem: 1ª) 0-2%; 2ª) 2-5%; 3ª) 5-10%; 4ª) 10-20%; 5ª) >20%.

- 0-2% - correspondem às áreas planas ou quase planas onde o escoamento superficial é lento, compreendendo uma área de 981,4 km^2;
- 2-5% - porções do relevo que apresentam declive suave a suave ondulado, onde o escoamento superficial é lento ou médio. Em alguns tipos de solos a erosão hídrica não oferece problemas, compreendendo uma área de 2.014,9 km^2;
- 5-10% - são áreas com relevo ondulado e escoamento superficial médio ou rápido (dependendo do tipo de solo), compreendendo uma área de 1.271,4 km^2;
- 10-20% - relevo muito ondulado ou colinoso. Apresenta um escoamento superficial rápido e os solos são facilmente erodíveis, compreendendo uma área de 755,1 km^2;
- >20% - relevo fortemente ondulado com vertentes fortemente inclinadas, cujo escoamento é muito rápido, independente do tipo de solo, compreendendo uma área de 736,2 km^2.

O mapeamento da declividade mostrou que a maior parte do Distrito Federal, aproximadamente 52%, compõe-se de superfícies planas a suave onduladas, com declividades de 0 - 5%, seguida da classe de 5 – 10% com 22% da área do DF, restando 26% para declividades superior a 10%. (Tabela 5.2 e Figura 5.8). A Figura 5.9 mostra distribuição espacial das diferentes classes da declividade.

Tabela 5.2 - Distribuição das classes de declividade no Distrito Federal.

Classes	Área em km^2	Área em %
0 – 2%	981,4	17
2 - 5 %	2.014,9	35
5 - 10 %	1.271,4	22
10 - 20 %	755,1	13
>20 %	736,2	12
Lagos	55,0	1
TOTAL	5.814,0	100,0

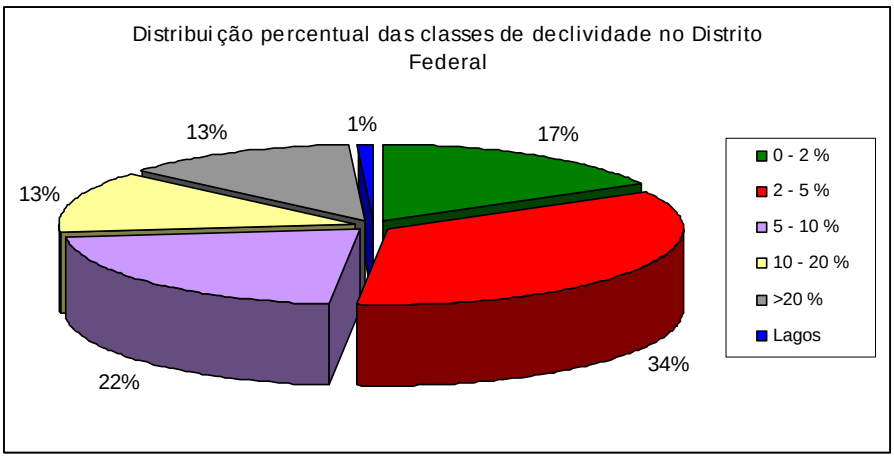


Figura 5.8 - Distribuição percentual das classes de declividade no Distrito Federal.

5.3 MAPA DE USO E COBERTURA DE SOLO

O mapa de uso e cobertura de solo subsidiou nesta pesquisa a elaboração do mapa de susceptibilidade às erosões lineares no Distrito Federal. Foram identificadas 9 classes: cerrado, campo, campo limpo, área urbana, área agrícola, mata galeria, solo exposto, reflorestamento e corpos d'água, (Figura 5.10).

A classe campo caracterizou-se como o principal uso e cobertura do solo no Distrito Federal, ocupando 1.894,2 km² da área do DF, os quais correspondem a 32,6% da área total, seguida da classe área agrícola a qual representa a agricultura e os cultivos, com 20,7% cobrindo uma área de 1.204,6 km² do Distrito Federal.

O cerrado, cerradão e cerrado ralo foram denominado como classe cerrado, que representa 14,3% correspondente a 829,7 km² da área do Distrito Federal. Em quarto lugar tem-se o campo limpo, cobrindo uma área de 749,3 km², a qual representa 12,9% do Distrito Federal.

As matas ciliares e matas mesofíticas são representadas pela classe mata galeria, a qual corresponde a 588,5 km², representando 10,1% da área do Distrito Federal. A área urbana representa 6,6% do DF, cobrindo a área de 383,0 km².

A classe corpos d'água, a qual compreende lagos, lagoas, etc, representam 1,2% da área do DF, correspondente a 68,2 km². A classe solo exposto apresentou 107,5 km², que corresponde a 1,83% da área do Dist. O solo exposto cobre 59,4 km², correspondente a 1,0% da área do Distrito Federal.

Figura 5.9 - Mapa de declividade do Distrito Federal.

Figura 5.10 - Mapa de uso e cobertura da solo do Distrito Federal.

Por fim a classe reflorestamento que representou o menor percentual de ocupação do DF, sendo apenas 37,1 km², que corresponde percentualmente 0,6% do total da área do Distrito Federal.

A Figura 5.11 apresenta a distribuição das classes de uso e cobertura do solo que cobrem o Distrito Federal.

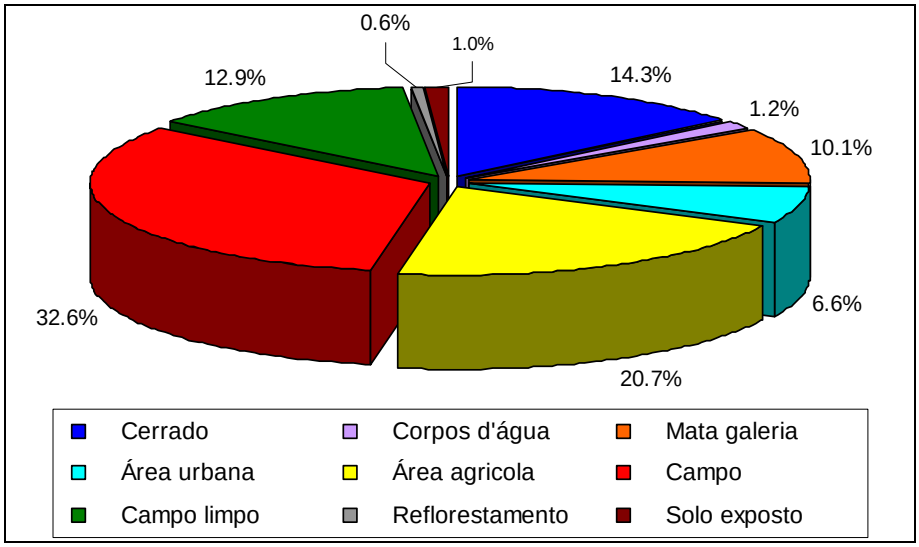


Figura 5.11 - Distribuição percentual das classes de uso e cobertura de solo do Distrito Federal.

5.4 MAPA DE LINEAMENTOS

O módulo análise – lineamentos – análise exploratória dos lineamentos foi utilizado para obter informações gerais sobre o número total de lineamentos (Tabela 5.3), o comprimento total e médio de todos os lineamentos e o azimute total e médio de todos os lineamentos, sendo que 192 lineamentos tem uma orientação N-S com uma média azimute simples de 175,9, como se observa na Tabela 5.4.

A Figura 5.12 apresenta as mesmas informações em forma de roseta, com intervalos angulares de 10º. Cabe ressaltar que, caso do azimute médio e do azimute médio ponderado, os lineamentos concentram-se na faixa de orientação NS (freqüência absoluta = 192 lineamentos), 20º – 30º NE (freqüência absoluta = 179 lineamentos), EW (freqüência absoluta = 176 lineamentos) ao contrário do que se observa na figura, sendo que as cores e comprimentos observados na figura são somente para setorização da roseta. Para determinar o azimute preferencial é melhor empregar os resultados obtidos em campo

tabelas, sendo que o valor dominante preferencial será aquela faixa que apresente o maior valor de freqüência absoluta.

Tabela 5.3 – Informações gerais sobre os lineamentos.

Total de Lineamentos	2653
Comprimento Total (m)	4011626
Comprimento Médio (m)	1512,11 +/- 1168,84
Azimute Médio	2.69 +/- 50.89
Azimute Médio Ponderado	27.89 +/- 50.50

Tabela 5.4 – Informações de comprimento total e médio de todos os lineamentos e o azimute total e médio de todos os lineamentos.

Inicio - Fim	Freq. Absol.	Compr. Absoluto	*Orientação	Média Comp.	Desvio Padrão Comp.	Média Azimute Simples	Desvio Padrão	Azimute Simples	Média Azimute
0 - 10	176	288553,6	N 80 – 89 E	1639,51	1323,08	85,75	3,09	85,12	3,16
10 -20	119	180846	N 70 – 80 E	1519,71	722,14	75,44	2,78	75,7	2,79
20 -30	149	255702,6	N 60 – 70 E	1716,12	1376,34	64,94	3,1	60,25	5,64
30 -40	147	257536,6	N 50 – 60 E	1751,95	1291,7	54,58	2,82	50,66	4,84
40 -50	169	243652,5	N 40 – 50 E	1441,73	800,07	45,18	2,86	42,39	4
50 -60	127	165284,2	N 30 – 40 E	1301,45	750,03	34,65	2,96	37,74	4,29
60 -70	179	277369,3	N 20 – 30 E	1549,55	1165,49	25,04	2,86	27,89	4,05
70 -80	142	206654,5	N 10 – 20 E	1455,31	983,04	15,19	2,81	14,3	2,95
80 -90	163	239960,1	N 1 – 10 E	1472,15	1177,42	5,24	2,77	1,79	4,43
90 -100	192	257900,1	N 1 – 10 W	1343,23	935,91	175,9	3	180	5,09
100 -110	136	185079,2	N 10 – 20 W	1360,88	833,19	164,91	2,82	160,52	5,23
110 -120	136	196209,8	N 20 – 30 W	1442,72	992,47	155,45	2,83	150,5	5,72
120 -130	160	211618,8	N 30 – 40 W	1322,62	763,29	145,21	2,94	143,14	3,6
130 -140	135	180894,7	N 40 – 50 W	1339,96	800,01	135,13	2,84	136,43	3,13
140 -150	145	271644	N 50 – 60 W	1873,41	26122	125,15	2,93	121,23	4,91
150 -160	121	185241,8	N 60 – 70 W	1530,92	786,81	115,2	2,94	119,75	5,43
160 -170	125	205757,9	N 70 – 80 W	1646,06	1100,04	105,06	3,03	104,75	3,05
170 -180	132	201720,3	N 80 – 89 W	1528,18	898,19	95,1	2,8	98,13	4,14

Nota: *Orientação Coluna inserida para uma melhor interpretação do gráfico

a) b)

c) d)

Figura 5.12 - Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para os lineamentos estruturais do DF.

Para o caso das ravinas e voçorocas também foi realizado a mesma análise, como se observa na Tabela 5.5, Tabela 5.6 e Figura 5.13 para o caso das ravinas e Tabelas 5.7, Tabela 5.8 e Figura 5.14, para o caso das voçorocas.

Tabela 5.5 – Informações gerais sobre as ravinas.

Total de Lineamentos	266
Comprimento Total (m)	73861,22
Comprimento Médio (m)	275,60 +/- 245,05
Azimute Médio	168.34 +/- 50.41
Azimute Médio Ponderado	5.40 +/- 52.92

Tabela 5.6 – Informações de comprimento total e médio de todos os lineamentos e o azimute total e médio das ravinas.

Inicio - Fim	Freq. Absol.	Compr. Absoluto	*Orientação	Média Comp.	Desvio Padrão Comp.	Média Azimute Simples	Desvio Padrão	Azimute Simples	Média Azimute
0 - 10	13	4824,83	N 80 – 89 E	371,14	593,68	83,83	3,25	81,39	4,12
10 -20	14	5957,89	N 70 – 80 E	397,19	367,9	74,85	2,73	72,76	3,48
20 -30	11	3371,14	N 60 – 70 E	306,47	259,34	64,85	3,38	60,08	6,03
30 -40	5	1687,53	N 50 – 60 E	337,51	325,14	53,52	3,15	50,75	4,42
40 -50	10	2476,12	N 40 – 50 E	247,61	190,86	47,09	2,52	46,51	2,59
50 -60	11	3424,24	N 30 – 40 E	311,29	224,66	35,24	3,1	31,69	4,84
60 -70	6	1320,76	N 20 – 30 E	220,13	112,2	26,26	3,42	29,68	5,08
70 -80	7	1526,19	N 10 – 20 E	218,03	99,4	16,57	2,22	15,76	2,39
80 -90	17	4516,72	N 1 – 10 E	265,69	125,94	4,33	2,26	5,4	2,51
90 -100	20	6156,3	N 1 – 10 W	307,82	265,8	175,22	3,45	178,33	4,7
100 -110	18	4662,86	N 10 – 20 W	259,05	218,18	165,07	2,68	166,77	3,2
110 -120	20	4631,5	N 20 – 30 W	231,58	147,26	155,54	2,64	158	3,66
120 -130	20	5381,25	N 30 – 40 W	269,06	207,35	145,48	3,19	147,16	3,63
130 -140	21	3708,31	N 40 – 50 W	176,59	90,2	134,92	2,78	132,52	3,71
140 -150	24	7070,32	N 50 – 60 W	294,6	266,64	124,71	3,23	129,38	5,77
150 -160	18	4648,03	N 60 – 70 W	244,63	177,51	115,11	3,61	115,21	3,61
160 -170	17	5021,18	N 70 – 80 W	295,36	217,98	104,89	2,78	103,15	3,3
170 -180	14	3476,04	N 80 – 89 W	248,29	163,75	94,47	2,85	95,27	2,97

Nota: *Orientação Coluna inserida para uma melhor interpretação do gráfico

a) b)

c) d)

Figura 5.13 - Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para as ravinas.

Tabela 5.7 – Informações gerais sobre as voçorocas.

Total de Lineamentos	35
Comprimento Total (m)	16580,39
Comprimento Médio (m)	460,57 +/- 660,10
Azimute Médio	0.61 +/- 56.74
Azimute Médio Ponderado	-25.55+/- 5421

Tabela 5.8 – Informações de comprimento total e médio de todos os lineamentos e o azimute total e médio das voçorocas.

Inicio - Fim	Freq. Absol.	Compr. Absoluto	*Orientação	Média Comp.	Desvio Padrão Comp.	Média Azimute Simples	Desvio Padrão	Azimute Simples	Média Azimute
0- 10	3	1233,15	N 80 – 89 E	411,05	164,28	85,14	3,62	83,69	4,03
10 -20	2	3044,59	N 70 – 80 E	1014,86	940,12	74,42	2,57	72,71	3,32
20 -30	1	145,09	N 60 – 70 E	145,09	0	68,3	0	68,3	0
30 -40	2	352	N 50 – 60 E	176	220,11	53,64	3,88	50,9	5,48
40 -50	3	1989,83	N 40 – 50 E	663,28	577,29	45,76	1,58	44,34	2,35
50 -60	1	898,33	N 30 – 40 E	898,33	0	33,93	0	33,93	0
60 -70	1	449,88	N 20 – 30 E	449,88	0	21,29	0	21,29	0
70 -80	2	535,42	N 10 – 20 E	267,71	50,89	15,32	2,26	13,72	3,2
80 -90	2	463,32	N 1 – 10 E	231,66	10,8	0,94	0,78	1,5	1,11
90 -100	2	247,65	N 1 – 10 W	123,82	21,19	176,85	4,46	173,69	6,31
100 -110	1	418,11	N 10 – 20 W	418,11	0	167,69	0	167,69	0
110 -120	4	583,63	N 20 – 30 W	145,91	45,11	154,05	1,42	154,45	1,49
120 -130	1	763,18	N 30 – 40 W	763,18	0	141,77	0	141,77	0
130 -140	2	568,59	N 40 – 50 W	284,3	71,52	136,21	3,97	139,02	5,62
140 -150	1	147,91	N 50 – 60 W	147,91	0	125,55	0	125,55	0
150 -160	1	168,24	N 60 – 70 W	168,24	0	115,64	0	115,64	0
160 -170	3	3906,56	N 70 – 80 W	1302,19	1969,31	102,91	0,94	103,43	1,14
170 -180	3	664,91	N 80 – 89 W	221,64	15,93	93,69	3,19	97,37	5,52

Nota: *Orientação Coluna inserida para uma melhor interpretação do gráfico

a)

b)

c)

d)

Figura 5.14 – Informações em forma de roseta de: a) comprimento absoluto, b) comprimento médio, c) Azimute Médio e d) Azimute médio ponderado para as voçorocas.

Como se observa nas Tabelas 5.4, 5.6 e 5.8 as orientações preferenciais dos lineamentos são: NS, 20 – 30º NE e EW. As orientações preferenciais no caso das ravinas estão na faixa de 300º – 310º NE (freqüência absoluta = 24 ravinas), 310º – 320º NE (freqüência absoluta = 21 ravinas) e NS (freqüência absoluta = 20 ravinas), e para as voçorocas as orientações preferências são, 330º – 340º NE (freqüência absoluta = 4 voçorocas), 280º – 290º NE (freqüência absoluta = 3 voçorocas) e EW (freqüência absoluta = 3 voçorocas).

Em termos gerais, as ravinas e voçorocas têm as seguintes orientações NS, EW e 310 – 320º NE e os lineamentos possuem as seguintes orientações: NS, 20 – 30º NE e EW, concluindo-se que as orientações dos lineamentos condicionam não apenas os sistemas de drenagens superficiais e circulação da água subterrânea, como também determinam as orientações preferenciais das erosões lineares.

A análise confirma a proposta de Mortari (1994) do modelo encaixado para evolução das erosões no Distrito Federal, o qual é fruto dos condicionantes geológicos – geotécnicos e estruturais desta região, principalmente da orientação, mergulho das camadas dos saprólitos e metassedimentos do domínio geológico local.

Segundo Mortari (1994), no manto do solo, seja ele residual ou transportado, independente da origem da erosão, seja por concentração de água, deslocamento gerados por erosão interna ou outro processo qualquer, as voçorocas apresentam geralmente a forma em "V" e evoluem em profundidade, largura e extensão em função dos condicionantes hídricos e características geotécnicas do solo.

5.5 APRESENTAÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS CADASTRADAS

O cadastro das feições erosivas foi realizado com o auxilio do programa Spring 4.2, imagem do satélite SPOT do ano 2003 e o programa Google Earth, identificando-se 1.582 feições erosivas, entre as quais algumas são áreas com indícios de degradação, famílias de sulcos, família de ravinas, ravinas e voçorocas sendo elas localizadas em 19 regiões administrativas do Distrito Federal. A Tabela 5.9 e Figura 5.15 apresentam a distribuição das feições erosivas localizadas no Distrito Federal por regiões administrativas.

Tabela 5.9 - Distribuição das feições erosivas cadastradas por regiões administrativas no DF.

Região Administrativa	Tipos de Feições erosivas cadastradas					Total de Feições erosivas cadastradas	
	Nº de ravinas	Nº de voçorocas	Nº de família de ravinas	Nº de família de sulcos	Nº de área c/ indicio de degrad.	Nº	%
Planaltina	20	5	8	15	167	215	13,6
Sobradinho	36	12	41	57	69	215	13,6
São Sebastião	34	2	8	66	74	184	11,6
Paranoá	25	0	0	37	101	163	10,3
Ceilândia	29	8	44	54	0	135	8,5
Gama	25	2	19	78	0	124	7,8
Brazlândia	17	1	74	29	0	121	7,6
Brasília	18	3	55	13	0	89	5,6
Recanto das Emas	9	0	14	35	0	58	3,7
Samambaia	18	0	11	24	0	53	3,4
Taguatinga	14	1	10	25	0	50	3,2
Núcleo Bandeirante	5	0	4	17	17	43	2,7
Riacho Fundo	7	0	5	11	12	35	2,2
Santa Maria	3	1	7	12	11	34	2,1
Lago Sul	1	0	4	14	10	29	1,8
Lago Norte	3	0	2	5	10	20	1,3
Guará	1	0	1	3	4	9	0,6
Candangolândia	0	0	0	1	2	3	0,2
Cruzeiro	1	0	1	0	0	2	0,1
TOTAL	266	35	308	496	477	1.582	100,0

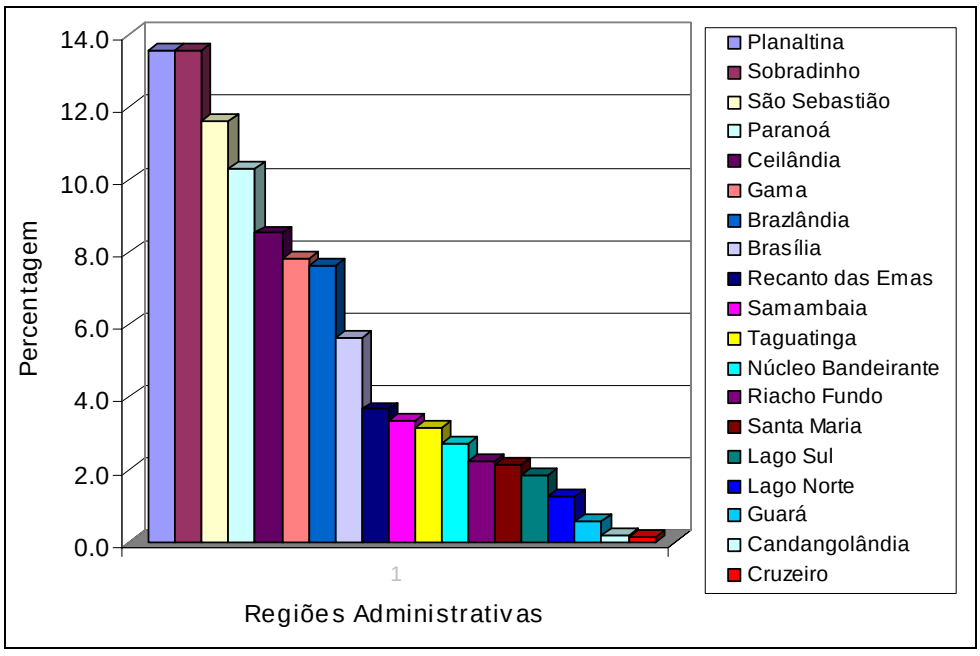


Figura 5.15 - Distribuição percentual das feições cadastradas por regiões administrativas no Distrito Federal.

Como se pode observar na Tabela 5.9 as regiões administrativas de Planaltina e Sobradinho são as que têm o maior número de feições cadastradas, cada uma delas com 215 feições, seguidas pela região administrativa de São Sebastião com 184 feições cadastradas, região administrativa de Paranoá com 163 feições cadastradas, estas quatro regiões apresentam quase 50% das feições cadastradas no Distrito Federal.

A Tabela 5.10 e Figura 5.16 apresentam a distribuição das feições erosivas localizadas no Distrito Federal por bacias hidrográficas.

Tabela 5.10 Distribuição das feições cadastradas por regiões bacias hidrográficas no Distrito Federal.

Bacia hidrográfica	Nº de feições cadastradas	Nº de feições cadast. em %
Lago Paranoá	267	16,9
Rio Corumbá	152	9,6
Rio Descoberto	321	20,3
Rio Maranhão	246	15,5
Rio Preto	208	13,1
Rio São Bartolomeu	388	24,5
TOTAL	1582	100,0

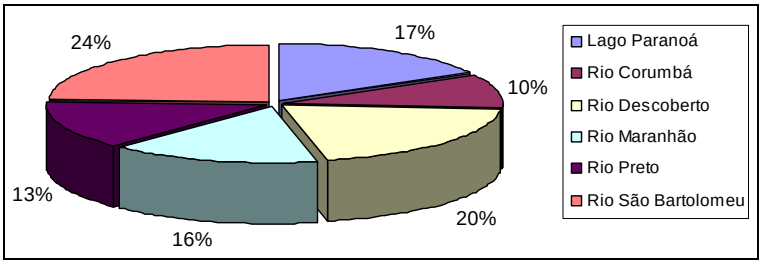


Figura 5.16 - Distribuição das feições cadastradas por regiões bacias hidrográficas no Distrito Federal.

Na Figura 5.17 se observa a distribuição espacial das feições erosivas cadastradas no DF.
A Tabela 5.11 e Figura 5.18 apresentam a distribuição em percentagem das 1.582 feições erosivas cadastradas. As feições correspondem a diferentes tipos: áreas com indícios de degradação, famílias de sulcos, família de ravinas, ravinas e voçorocas.

Tabela 5.11 - Distribuição dos tipos de feições cadastradas no Distrito Federal.

Tipo de Feição	Nº de Feições cadastradas	Nº de feições cadast em %
Família de ravinas	308	19,5
Ravina	266	16,8
Voçoroca	35	2,2
Família de sulcos	496	31,4
Áreas com indícios de degradação	477	30,2
Total	1.582	100,0

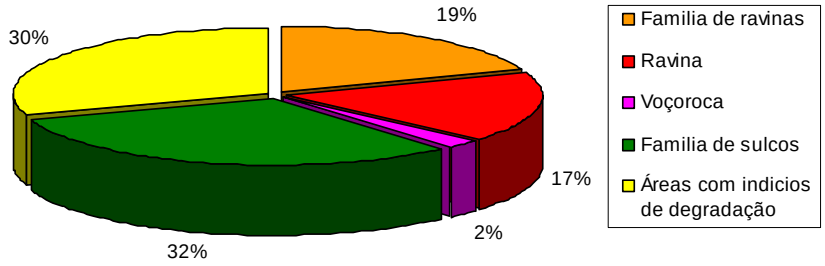


Figura 5.18 - Distribuição em percentagem dos tipos de feições cadastradas no DF.

Figura 5.17 – Mapa da distribuição espacial das feições erosivas cadastradas no DF.

5.6 BANCO DE DADOS GEORREFERANCIADO

Um dos principais produtos desta dissertação é o banco de dados georreferenciado que integra um sistema automático de acesso aos dados das erosões cadastradas e aos mapas temáticos utilizados para caracterizar fisicamente a área de estudo e as erosões.

Os atributos que compõem o cadastro georreferenciado foram: nome, rótulo, área (m), perímetro (m), uso_loc (uso local), uso_ent (uso do entorno), bacia hidrográfica, sub_bacia, causas (possível causa da erosão), dren_ref (drenagem de referência), dens_dren (densidade de drenagem), amp_relevo (amplitude de relevo), coord_X (coordenadas horizontais) do ponto de referência, coord_y (coordenadas verticais) do ponto de referência, ar_deg (tipo da área degradada), decliv (declividade do relevo em percentagem), tipo_e (tipo de feição erosiva), gemor (elemento geomorfologico), vegeta (tipo de vegetação), gmorfo (padrão geomorfologico), pedol (unidad pedológica), decli_g (declividade em graus), compr (comprimento das feições erosivas lineares), largura (largura das feições erosivas lineares) e hipsom (intervalo hipsométrico). Tais atributos podem ser visualizados na tela do banco de dados ilustrada na Figura 5.19.

A Tabela 5.12 apresenta algumas das classes, tipos, parâmetros e características utilizados para cada atributo.

Tabela 5.12 - Classes, tipos, parâmetros e características utilizados para cada atributo das feições erosivas cadastradas no Distrito Federal.

Atributo	Classe, tipo, característica ou parâmetro empregado para cada atributo.
Bacia Hidrográfica	Lago Paranoá, Rio Corumbá, Rio Descoberto, Rio Maranhão, Rio Preto, Rio São Bartolomeu.
Densidade de drenagem	Baixa, média, alta.
Densidade de vegetação	Baixa, média, alta.
Amplitude de Relevo	Plano, suave, suave ondulado, ondulado e fortemente ondulado.
Litologia	NPb, NPa, MNPppc, MNPpr4, MNPr3, MNPpa, MNPps, MNPccf, MNPcf.
Tipo de feição	Áreas com indícios de degradação, famílias de sulcos, família de ravinas, ravina e voçoroca.
Declividade em %	0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-20 e >20%.
Geomorfologia (elemento geomorfológico)	Pé de encosta, base de vertente, chapada, borda de chapada, encosta, planície e cabeceira de encosta.
Tipo de vegetação	Campo sujo, campo limpo, cerrado, solo exposto, cerrado ralo e mata galeria.
Geomorfologia	Superfícies dissecadas (SDS), superfícies deprimidas (SDE) e superfícies de chapada (CHA).
Pedologia	ade, aqd1, aqd2, bv, cd10, cd11, cd12, cd13, cd14, cd15, cd16, cd17, cd18, cd19, cd1, cd2, cd3, cd4, cd5, cd6, cd7, cd8, cd9, hi1, hi2, hi3, hi4, hld, led1, led2, led3, led4, led5, led6, lvd1, lvd10, lvd11, lvd12, lvd13, lvd14, lvd2, lvd3, lvd4, lvd5, lvd6, lvd7, lvd8, lvd9, pe1, pe2, pe3, pv1, pv2, pv3, pv4, tre1, tre2, tre3.
Declividade em graus (º)	0-2º, 2-5º, 5-10º, 10-15º, 15-20º, 20-30º, 30-45º e >45º
Hipsometria	715-750, 750-800, 800-850, 850-900, 900-950, 950-1000, 1000-1050, 1050-1100, 1100-1150, 1150-1200, 1200-1250, 1250-1300 e 1300-1350.

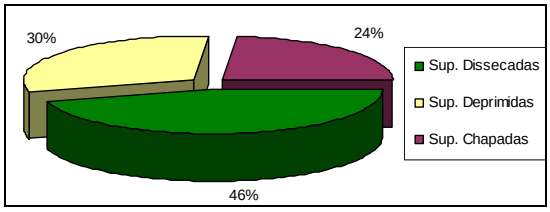
Nota: no caso dos atributos de comprimento, largura e hipsometria somente foi preenchido para as ravinas e voçorocas.

Figura 5.19 – Tela de consulta do banco de dados geomorfológico das feições cadastradas no Distrito Federal.

Tabela 5.18 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo a geomorfologia.

Padrões geomorfológicos	RAVINAS		VOÇOROCAS	
	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadastradas em %
Sup. Dissecadas	122	45,9	22	62,9
Sup. Deprimidas	81	30,5	8	22,9
Sup. Chapadas	63	23,7	5	14,3
TOTAL	266	100,0	35	100,0

a) Ravinas



b)Voçorocas

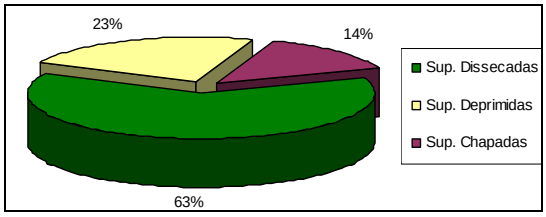


Figura 5.27 – (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a geomorfologia no Distrito Federal.

Como pode-se observar nas Figuras 5.26 e 5.27, a geomorfologia é um fator preponderante. As erosões lineares ocorrem principalmente em superfícies dissecadas, que corresponde às depressões topográficas de resistências variadas, ocupadas pelos principais rios da região (Vale do rio Maranhão, Vale do rio São Bartolomeu, Vale do rio Descoberto/Alagado).

5.8.3 DECLIVIDADE

As erosões lineares cadastradas ocorreram principalmente, em locais com declividade entre 5 a 10%, representando um total de 36,4%, em segundo lugar locais com declividades entre 10 – 20% (29,0%) e em terceiro lugar locais com declividades >20%, representando um total de 18,0%. A distribuição das demais erosões lineares cadastradas segundo a declividade pode ser vistas na Tabela 5.19 e Figura 5.28.

Tabela 5.19 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo a declividade.

Classes	Nº de Erosões Lineares Cadastradas	Nº de Erosões Lineares Cadastradas em %
0 - 2%	119	10,8
2 - 5%	65	5,9
5 - 10%	402	36,4
10 - 20%	320	29,0
>20 %	199	18,0
TOTAL	1105	100,0

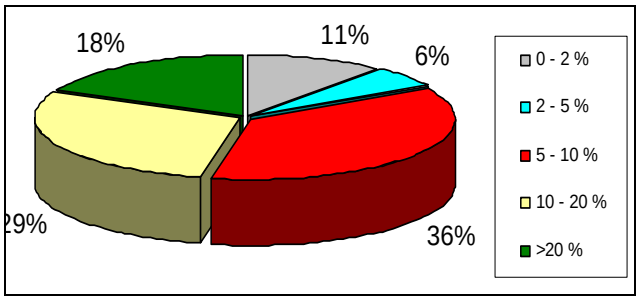


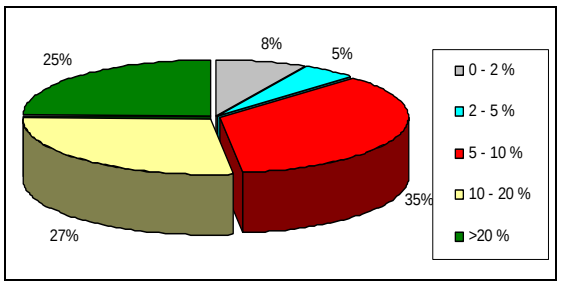
Figura 5.28 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas segundo a declividade no Distrito Federal.

Na Tabela 5.20 e Figura 5.29 pode observar a distribuição das ravinas e voçorocas segundo a declividade.

Tabela 5.20 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo a declividade.

Classes	RAVINAS		VOÇOROCAS	
	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadastradas em %
0 – 2%	21	8	3	9
2 – 5%	12	5	1	3
5 – 10%	95	36	9	26
10 – 20 %	72	27	14	40
> 20%	66	25	8	23
TOTAL	266	100.0	35	100.0

a) Ravinas



b)Voçorocas

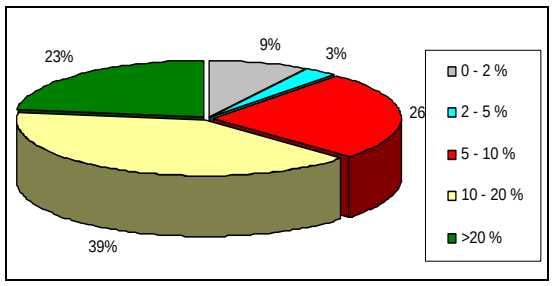


Figura 5.29 – (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a declividade no Distrito Federal.

Como se observar nas Figuras 5.28 e 5.29, as erosões lineares acorrem principalmente em locais com declividades entre 5 – 10%, seguida da classe entre 10 – 20% e seguidas da classe >20%. Sendo estas três classes onde localiza 83% das erosões lineares cadastradas.

5.8.4 SOLOS

A seguir são apresentadas as sub-classes dos diferentes tipos de solos para as erosões lineares cadastradas no Distrito Federal (Tabela 5.21).

Tabela 5.21 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo as sub-classes dos tipos de solos.

	Sub-classe	Nº de erosões lineares cadastradas	Nº de erosões lineares cadastradas em %
1	ade	0	0,0
2	aqd1	5	0,5
3	aqd2	4	0,4
4	bv	1	0,1
5	cd10	75	6,8
6	cd11	8	0,7
7	cd12	60	5,4
8	cd13	123	11,1
9	cd14	159	14,4
10	cd15	13	1,2
11	cd16	11	1,0
12	cd17	5	0,5
13	cd18	10	0,9
14	cd19	9	0,8
15	cd1	0	0,0
16	cd2	5	0,5
17	cd3	0	0,0
18	cd4	2	0,2
19	cd5	0	0,0
20	cd6	6	0,5
21	cd7	20	1,8
22	cd8	25	2,3
23	cd9	50	4,3
24	hi1	6	0,5
25	hi2	5	0,5
26	hi3	12	1,1
27	hi4	0	0,0
28	hld	2	0,2
29	hpd	3	0,3
30	led1	5	0,5
31	led2	8	0,7
32	led3	198	17,9
33	led4	22	2,0
34	led5	0	0,0
35	led6	6	0,5
36	lvd1	1	0,1
37	lvd10	6	0,5
38	lvd11	10	0,9
39	lvd12	8	0,7
40	lvd13	0	0,0
41	lvd14	14	1,3
42	lvd2	66	6,0
43	lvd3	1	0,1
44	lvd4	23	2,1
45	lvd5	10	0,9
46	lvd6	48	4,3
47	lvd7	1	0,1
48	lvd8	4	0,4
49	lvd9	10	0,9
50	pe1	6	0,5
51	pe2	5	0,5
52	pe3	12	1,1
53	pv1	3	0,3
54	pv2	5	0,5
55	pv3	5	0,5
56	pv4	1	0,1
57	tre1	4	0,4
58	tre2	2	0,2
59	tre3	2	0,2
	TOTAL	1105	100,0

Agrupando as sub-classes em classes dos diferentes tipos de solos, se pode observar que, aproximadamente, 52,6% das erosões ocorreram em cambissolos os quais representam uma área de 30,7% do Distrito Federal, 21,6% das erosões lineares cadastradas em latossolos vermelho escuro para uma área de 39,0%, 18,3% das erosões lineares cadastradas em latossolos vermelho amarelo para uma área de 15,8%, 2,5% das erosões lineares cadastradas em solos hidromórficos para uma área de 3,9%, 2,1% das erosões lineares cadastradas em pólitico vermelho escuro para uma área de 2,1%, 0,8% das erosões lineares cadastradas em areias quartzosas para uma área de 0,5% e 0,8% das

erosões lineares cadastradas em todos os tipos de solos para uma área de 1,5% (Tabela 5.22 e Figura 5.30).

Tabela 5.22 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo as classes dos tipos de solos.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %	Sub-classes	Nº de Erosões Lineares Cadastradas	Nº de Erosões Lineares Cadastradas em %
Latossolo vermelho escuro	LE	2.268,5	39,0	Led1, led2, led3, led4 e led6	239	21,6
Latossolo vermelho amarelo	LV	921,4	15,8	Lvd1, lvd10, lvd11, lvd12, lvd14, lvd2, lvd3, lvd4, lvd5, lvd6, lvd7, lvd8 e lvd9	202	18,3
Cambissolo	CB	1.785,9	30,7	Cd10, cd11, cd12, cd13, cd14, cd15, cd16, cd17, cd18, cd19, cd2, cd4, cd6, cd7, cd8 e cd9	581	52,6
Podzólico vermelho amarelo	PV	45,8	0,8	Pv1, pv2, pv3 e pv4	14	1,3
Podzólico vermelho escuro	PE	119,4	2,1	Pe1, pe2 e ped3	23	2,1
Solos hidromórficos	H	228,8	3,9	Hi, hi2, hi3, hld, hpd	28	2,5
Areias quartzosas	AQ	30,3	0,5	aqd1 e aqd2	9	0,8
Outros		87,7	1,5	Ade, bv, tr1, tr2 e tr3	9	0,8
				TOTAL	1.105	100

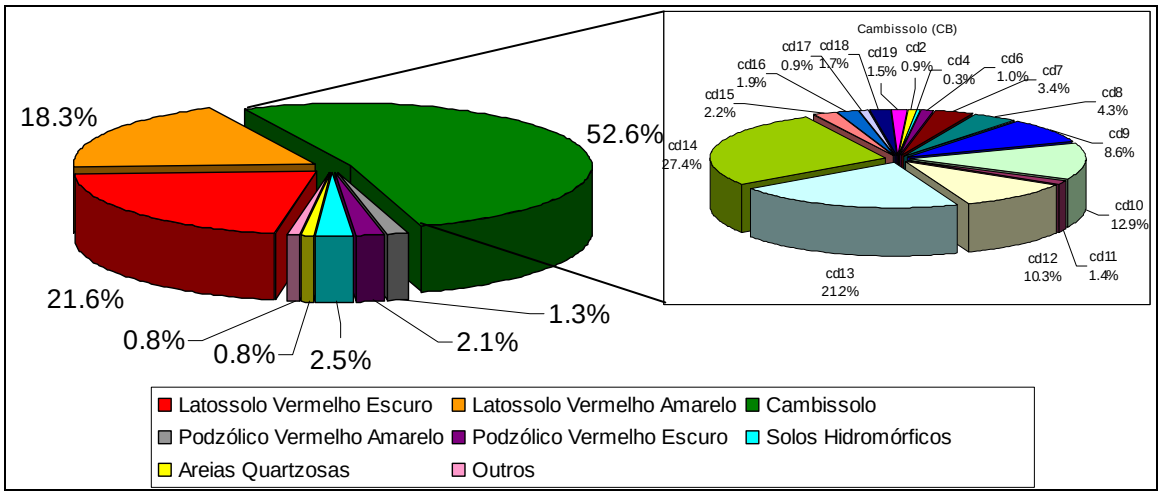


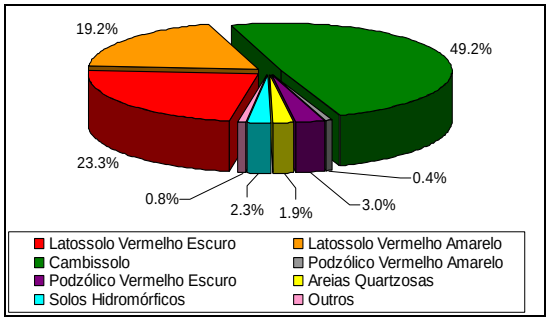
Figura 5.30 – Distribuição percentual das erosões lineares segundo as classes de tipo de solos no Distrito Federal.

Na Tabela 5.23 e Figura 5.31, se pode observar a distribuição das ravinas e voçorocas segundo as classes de tipo de solo.

Tabela 5.23 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo o tipo de solo.

Classes	Siglas	Área (km²)	Ravinas		Voçorocas	
			Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadastradas em %
Latossolo vermelho escuro	LE	2.268,5	62	23,3	9	25,7
Latossolo vermelho amarelo	LV	921,4	51	19,2	5	14,3
Cambissolo	CB	1.785,9	131	49,2	14	40,0
Podzólico vermelho amarelo	PV	45,8	1	0,4	1	2,9
Podzólico vermelho escuro	PE	119,4	8	3,0	5	14,3
Areias quartzosas	AQ	30,3	5	1,9	0	0,0
Solos hidromórficos	HI	228,8	6	2,3	1	2,9
Outros		87,7	2	0,8	0	0,0
		TOTAL	266	100	35	100

a) Ravinas



b)Voçorocas

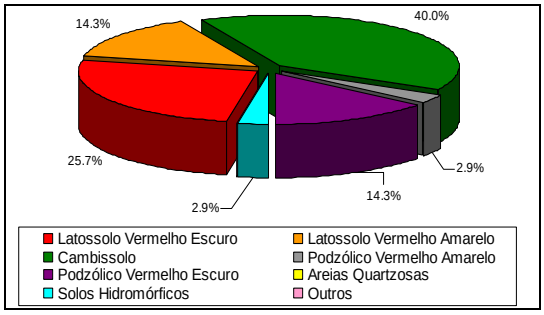


Figura 5.31 – (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo o tipo de solo no Distrito Federal.

Como se observar nas figuras 5.30 e 5.31, as erosões lineares acorrem principalmente em cambissolos (CB), esta classe é constituída por solos pouco desenvolvidos (de pequena espessura), caracterizados por possuir horizonte B incipiente (poucos centímetros), em que alguns minerais primários e fragmentos líticos facilmente intemperizáveis ainda estão presentes. Ocorre nos compartimentos geomorfológicos das escarpas e planos intermediários dependendo das características das vertentes e nas vertentes mais movimentadas (vertentes íngremes).

Os solos do tipo latossolos (LE e LV) também têm um grande potencial erosivo, já que as erosões localizadas neste tipo de solo são de dimensões muito maiores que nos cambissolos, trazendo conseqüências bem mais graves do que as que ocorrem nos cambissolos, devido a possuírem uma textura argilosa ou média, muito porosa, bastante permeáveis e com drenagem de forte a muito boa. A distinção entre os latossolos vermelho-escuro e amarelo está apenas relacionada à cor do horizonte B. O latossolo vermelho escuro (LE) ocorre nos compartimentos geomorfológicos das chapadas com declividades baixas, tendo como materiais de origem os metarritmitos e quartzitos do Grupo Paranoá. Nas porções de bordas de chapa classe mais representativa é o latossolo vermelho amarelo (LV), textura argilosa, geralmente com caráter húmico, o potencial erosivo aumenta, mas a presença de couraças associadas à classe LV diminui em parte esse processo.

5.8.5 GEOLOGIA

Na Tabela 5.24 e Figura 5.32 apresenta-se a distribuição das erosões lineares cadastradas no Distrito Federal segundo a geologia. Observando-se que, aproximadamente, 24,1% das erosões ocorreram na unidade “MNPpr4” do Grupo Paranoá para uma área de 16,9% do

Distrito Federal, 14,6% das erosões lineares cadastradas ocorrem no Grupo Araxá para uma área de 6,1%, 14,0% das erosões lineares cadastradas na unidade “MNPpa” do Grupo Paranoá para uma área de 8,7% e 12,9% das erosões lineares cadastradas na unidade “MNPcf” do Grupo Canastra para uma área de 15,6%.

Tabela 5.24 - Distribuição das erosões lineares cadastradas segundo a geologia.

Litologia	Área em km^2	Área em %	Nº de Erosões Lineares Cadastradas	Nº de Erosões Lineares Cadastradas em %
NPb	1.099,4	18,9	67	6,1
NPa	353,3	6,1	161	14,6
MNPppc	433,8	7,5	93	8,4
MNPpr4	984,3	16,9	266	24,1
MNPpq3	387,1	6,7	84	7,6
MNPpr3	987,3	17,0	120	10,9
MNPpa	508,7	8,7	155	14,0
MNPps	22,3	0,4	3	0,3
MNPccf	40,3	0,7	13	1,2
MNPcf	907,1	15,6	143	12,9
Lentes	21,3	0,4	0	0,0
		TOTAL	1.105	100

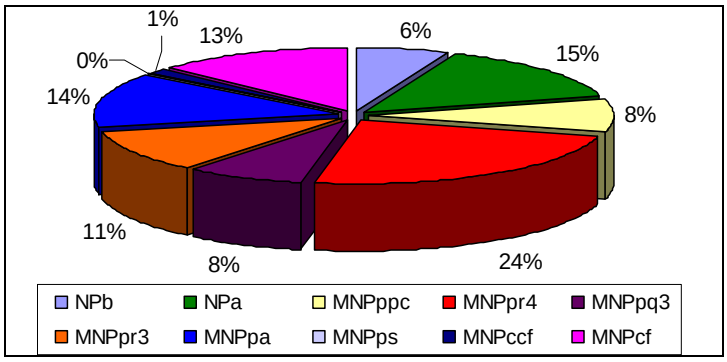


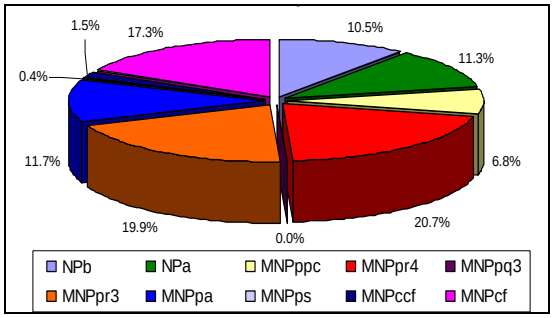
Figura 5.32 - Distribuição percentual das erosões lineares cadastradas segundo a geologia.

Na Tabela 5.25 e Figura 5.33 pode observar a distribuição das ravinas e voçorocas segundo a geologia.

Tabela 5.25 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo a geologia.

Litologia	RAVINAS		VOÇOROCAS	
	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadastradas em %
NPb	28	10,5	5	14,3
NPa	30	11,3	0	0,0
MNPppc	18	6,8	5	14,3
MNPpr4	55	20,7	11	31,4
MNPpq3	0	0,0	1	2,9
MNPpr3	53	19,9	2	5,7
MNPpa	31	11,7	2	5,7
MNPps	1	0,4	1	2,9
MNPccf	4	1,5	1	2,9
MNPcf	46	17,3	7	20,0
TOTAL	266	100,0	35	100,0

a) Ravinas



b)Voçorocas

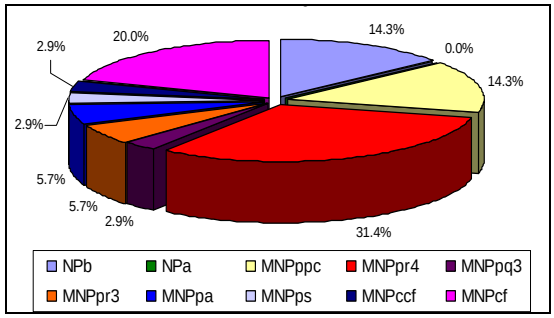


Figura 5.33 – (a) Distribuição percentual das ravinas e (b) Distribuição percentual das voçorocas cadastradas segundo a geologia no Distrito Federal.

Como se observar nas figuras 5.32 e 5.33, as ravinas, voçorocas e em geral as erosões lineares ocorrem principalmente no Grupo Paranoá na unidade MNPpr4 para uma área de 16,9%, trata-se de um metarritmito argiloso, composto por intercalações de materiais síltico e argilosos além de delgados estratos de quartzitos finos rosados a avermelhados, além de apresentar níveis arenosos do tipo laminações cruzadas, laminações truncadas por ondas e hummockys. Esta unidade apresenta espessuras variando de 100 a 150 metros. Em segundo lugar 14,6% das erosões lineares cadastradas ocorrem no Grupo Araxá para uma área de 6,1%, composto essencialmente por xistos variados e subordinadamente por quartzitos. Em terceiro lugar 14,0% das erosões lineares cadastradas na unidade “MNPpa” do Grupo Paranoá para uma área de 8,7%, sendo constituída por ardósias homogêneas de cor cinza esverdeada que passam a tons vermelhos característicos com a alteração intempérica, cuja espessura é de difícil estimativa em virtude do intenso dobramento, sendo considerada da ordem de 70 metros.

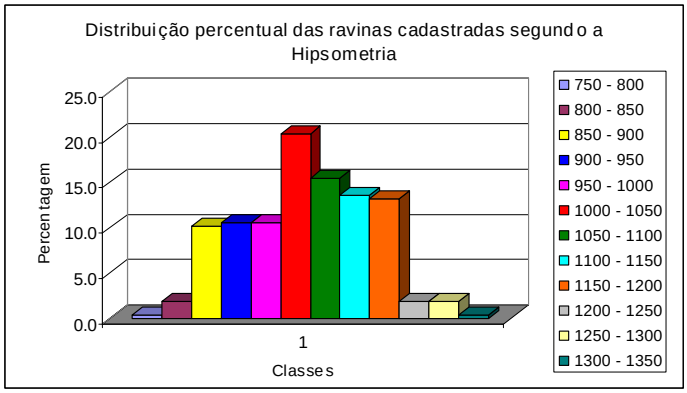
5.8.6 HIPSOMETRIA

No caso da hipsometria a análise somente foi feita para as ravinas e voçorocas. Como se apresenta na Tabela 5.26 e Figura 5.34. Observando que a maior parte das ravinas e voçorocas cadastradas localizam-se entre 900 e 1150m Observando-se que, aproximadamente, 22,9% das voçorocas cadastradas ocorreram nas faixas de 900 – 950m e 1100 – 1150m paras as áreas de 16,8% e 11,9% Distrito Federal, respectivamente; 20,3% das ravinas cadastradas ocorrem na faixa de 1000 – 1050m correspondente a uma área de 14,6% do Distrito Federal.

Tabela 5.26 - Distribuição das ravinas e voçorocas cadastradas segundo as classes hipsométricas.

Classes hipsométricas	Área em km^2	Área em %	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas em %
715 – 750	3,3	0,1	0	0,0	0	0,0
750 - 800	33,5	0,6	1	0,4	0	0,0
800 - 850	123,4	2,1	5	1,9	0	0,0
850 - 900	551,4	9,5	27	10,2	3	8,6
900 - 950	978,7	16,8	28	10,5	8	22,9
950 - 1000	863,7	14,9	28	10,5	4	11,4
1000 - 1050	849,7	14,6	54	20,3	5	14,3
1050 - 1100	705,1	12,1	41	15,4	3	8,6
1100 - 1150	690,9	11,9	36	13,5	8	22,9
1150 - 1200	478,2	8,2	35	13,2	2	5,7
1200 - 1250	372,2	6,4	5	1,9	2	5,7
1250 - 1300	144,8	2,5	5	1,9	0	0,0
1300 - 1340	19,1	0,3	1	0,4	0	0,0
		TOTAL	226	100	35	100

a)



b)

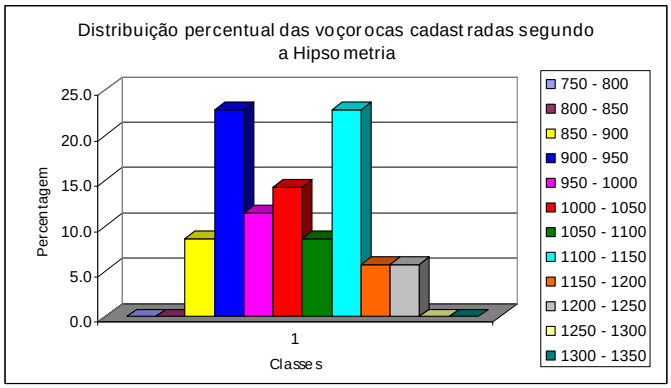


Figura 5.34 - Distribuição percentual das ravinas (a) e voçorocas (b) cadastradas segundo as classes hipsométricas.

5.8.6.1 RELAÇÃO ENTRE A HIPSOMETRIA E GEOMORFOLOGIA

Realizou-se a tabulação cruzada entre a hipsometria e geomorfologia com o intuito de analisar a relação entre ambas, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.27.

Um 82,5 % da área das superfícies de chapada localizam-se principalmente entre 1.000 a 1.250 m de altitude, 67,7 % da área que cobrem as superfícies deprimidas localizam-se

entre 900 e 1100 m, 69,2% das superfícies dissecadas localizam-se entre 850 e 1000 m e finalmente quase o 76,3% da área que ocupam os lagos localiza-se entre 1000 – 1050m.

Resultado da análise entre a hipsometria e a geomorfologia e de acordo com os resultados obtidos na Tabela 5.26, pode-se afirmar que quase a metade (49,2%) das ravinas cadastradas ocorrem principalmente em superfícies de chapadas e superfícies deprimidas e 48,6% das voçorocas cadastradas ocorrem principalmente em superfícies deprimidas e superfícies dissecadas, existindo uma relação entre a geomorfologia, hipsometria e ocorrência dos processos erosivos.

Tabela 5.27 - Distribuição da geomorfologia em relação a hipsometria

Classes hipsométricas (m)	Geomorfologia							
	Sup. Chapadas		Sup. Deprimidas		Sup. Dissecadas		Lagos	
	Área em (km^2)	Área em (%)	Área em (km^2)	Área em (%)	Área em (km^2)	Área em (%)	Área em (km^2)	Área em (%)
715 – 750	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,2	0,0	0,0
750 - 800	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	2,0	0,0	0,0
800 - 850	0,0	0,0	30,0	1,4	93,2	5,7	0,0	0,0
850 - 900	0,7	0,0	264,7	12,3	279,5	17,1	6,4	10,2
900 - 950	36,2	1,9	467,0	21,6	475,5	29,0	0,0	0,0
950 - 1000	145,9	7,5	339,2	15,7	378,7	23,1	0,0	0,0
1000 - 1050	306,8	15,7	292,3	13,5	202,4	12,4	48,2	76,3
1050 - 1100	248,4	12,7	364,2	16,9	83,8	5,1	8,6	13,6
1100 - 1150	372,7	19,1	271,2	12,6	47,0	2,9	0,0	0,0
1150 - 1200	348,9	17,9	99,7	4,6	29,5	1,8	0,0	0,0
1200 - 1250	332,8	17,1	29,4	1,4	10,0	0,6	0,0	0,0
1250 - 1300	140,3	7,2	2,5	0,1	2,0	0,1	0,0	0,0
1300 - 1340	19,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	1952,0	100,0	2160,3	100,0	1638,5	100,0	63,3	100,0

5.9 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ESTRADAS E AS FEIÇÕES EROSIVAS NO DISTRITO FEDERAL

O mapa de distância entre as estradas (pavimentadas e não pavimentadas) e as feições erosivas no Distrito Federal foi feito no programa Spring 4.2, com a finalidade de analisar a proximidade (distância) entre a estrada e as feições erosivas e como é que a presença das estradas influencia na ocorrência dos processos erosivos. Mas isso são as causas pelas quais as estradas podem ser um fator no desencadeamento dos processos erosivos, algumas de estas razões podem ser: devido a que algumas delas não contam com coletores pluviais, algumas delas são estradas não pavimentadas o que provoca problemas como enxurradas, as quais desencadeiam processos erosivos.

O mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas no Distrito Federal foi realizado de forma a estabelecer oito divisões de classes em intervalos de distâncias que variam de 0 a 10m, 10 a 25m, 25 a 50m, 50 a 100m, 100 a 500m, 500 a 1.000m, 1.000 a 5.000m, 5.000 a 10.000m

A Tabela 5.28 e Figura 5.35 apresentam a distribuição de números de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe. Com isso observa-se mais da metade das ravinas cadastradas (52,6%) e quase metade das voçorocas cadastradas (45,7%) distam de 0 a 100m das estradas, isso mostra uma relação muito grande entre as estradas e os processos erosivos lineares, indicando que existe a necessidade de melhorar os sistemas de drenagens que normalmente estão associados às origens dessas erosões. No caso das voçorocas cadastradas (40%) na faixa de 100 a 500m a maioria delas tem suas origens associadas às estradas, já que se trata de erosões de grandes dimensões (comprimento). O 28,6% das ravinas cadastradas distam de 100 a 500m, 18,8% das ravinas e 14,3% das voçorocas restantes concentram-se a uma distância de 500 a 10.000 m, que estão associados a áreas de preservação ambiental, cerrados, parques, entre outros.

Tabela 5.28 – Distribuição do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas

Classes	RAVINAS		VOÇOROCAS		RAVINAS E VOÇOROCAS	
	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadast. em %	Nº de rav. e voç. cadastradas	Nº de rav. E voç. cadast. em %
0 - 10	9	3,4	0	0,0	9	3,0
10 - 25	32	12,0	4	11,4	36	12,0
25 - 50	55	20,7	5	14,3	60	19,9
50 - 100	44	16,5	7	20,0	51	16,9
100 -500	76	28,6	14	40,0	90	29,9
500 – 1.000	32	12,0	5	14,3	37	12,3
1.000 – 5.000	18	6,8	0	0,0	18	6,0
5.000 – 10000	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TOTAL	266	100	35	100	301	100

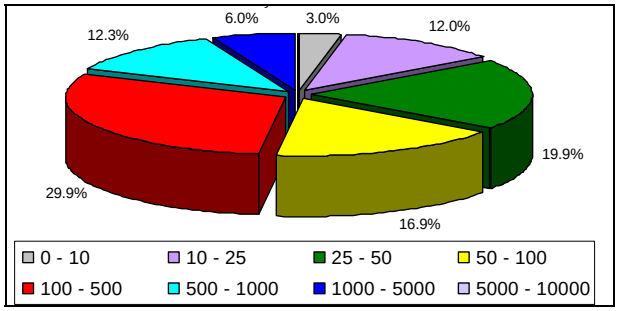


Figura 5.35 - Distribuição em percentagem do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas.

A Figura 5.36 apresenta o mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas. A análise do mapa mostra que as feições erosivas localizam-se principalmente a uma distância de 0 – 100 m das estradas. Assim mesmo, a Figura 5.37 apresenta o mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas numa escala de 1:15.000, para melhor entendimento do mesmo. Cabe ressaltar que na Figura

5.37, observa-se a influencia das estradas (condicionante antrópico) no desencadeamento de ravinas e voçorocas.

5.10 MAPA DE DISTÂNCIA ENTRE AS ÁREAS URBANAS E AS FEIÇÕES EROSIVAS

O mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas foi elaborado no programa Spring 4.2, com a finalidade de analisar a influência das áreas urbanas sob a ocorrência das feições erosivas. Algumas razões pelas quais a expansão urbana pode estar associada com o desencadeamento dos processos erosivos são áreas de expansão urbana mais recentes e ainda não totalmente consolidadas, cuja principal causa é a ausência ou deficiência de obras de infra-estrutura, disposição do sistema viário e da drenagem superficial, que permitem a concentração do escoamento, aliado à inexistência de estruturas adequadas de adução, condução e lançamento das águas.

Segundo Anjo (1991) citado por Soares & Alves (2004), existem autores que não reconhecem Brasília como uma cidade planejada, pelo fato de não ter sido feito um planejamento que regulasse o seu processo de crescimento "Brasília é tida como planejada isto porque para muitos urbanistas, esse é um espaço, urbano projetado que tem como premissa um desenho rígido e que não teve a capacidade de prever os problemas que fatalmente afligiriam a cidade em seu processo de crescimento, justamente por isso, não pode ser considerada como planejada".

Brasília, apesar de seus quase cinqüenta e poucos anos de fundação já apresenta, assim como as centenárias metrópoles brasileiras, um processo de saturação urbano-populacional que dissociado de políticas públicas intervencionistas é causador de uma série de problemas tais como: grilagem de terras, impermeabilização do solo, sobrecarga dos sistemas públicos básicos (transporte, educação, saúde) e conseqüentes impactos ambientais correlacionados, como são os processos erosivos. O crescimento contínuo de sua população urbana coloca de maneira aguda, o problema de espaço para habitação e de sua planificação.

O mapa de distância entre as áreas urbana e as feições erosivas no Distrito Federal foi realizado de forma a estabelecer oito divisões de classes em intervalos de distâncias que variam de 0 a 100 m, 100 a 250 m, 250 a 500 m, 500 a 1.000 m, 1.000 a 2.500 m, 2.500 a 5.000 m, 5.000 a 10.000 m e 10.000 a 55.000 m.

Figura 5.36 - Mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas no DF.

Figura 5.37 - Mapa de detalhe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas cadastradas no DF.

A Tabela 5.29 e Figura 5.38 apresenta a distribuição de números de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe. Onde se observa um 26,4 % das ravinas cadastradas e quase metade das voçorocas cadastradas (42,9%) até dist de 0 a 500m das área urbanas, o qual mostra que existe uma relação grande entre as áreas urbanas e os processos erosivos lineares. No caso das voçorocas cadastradas se notam-se duas faixas de concentração bem marcadas (100 – 250m e 5.000 – 10.000m), as quais indicam que uma das causas de ocorrência das voçorocas está ligada com presença de área urbanas. Um 44,2% das ravinas e voçorocas cadastradas distam das áreas urbanas entre a faixa de 1.000 – 10,000m o qual indicaria que as áreas urbanas propriamente não influenciam na origem das mesmas, porém a implantação de estradas as quais servem de acesso as áreas urbanas, é uma das principais causas no desencadeamento dos processos erosivos lineares, como se observa na Tabela 5.28.

Tabela 5.29 – Distribuição do número de ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as estradas e as feições erosivas.

Classes	RAVINAS		VOÇOROCAS		RAVINAS E VOÇOROCAS	
	Nº de ravinas cadastradas	Nº de ravinas cadastradas em %	Nº de voçorocas cadastradas	Nº de voçorocas cadast. em %	Nº de rav. e voç. cadastradas	Nº de rav. E voç. cadast. em %
0 – 100	22	8,3	4	11,4	26	8,6
100 – 250	21	7,9	8	22,9	29	9,6
250 - 500	27	10,2	3	8,6	30	10,0
500 – 1.000	26	9,8	1	2,9	27	9,0
1.000 –2.500	43	16,2	2	5,7	45	15,0
2.500 –5.000	35	13,2	2	5,7	37	12,3
5.000 – 10.000	42	15,8	9	25,7	51	16,9
10.000 – 55.000	50	18,8	6	17,1	56	18,6
TOTAL	266	100	35	100	301	100

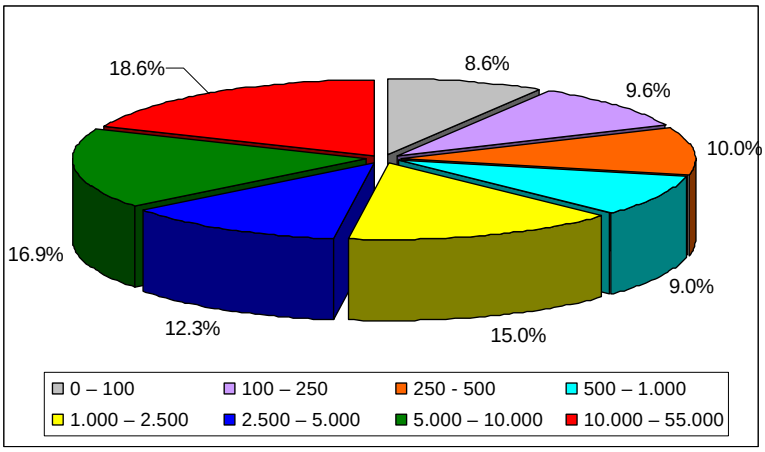


Figura 5.38 - Distribuição em percentagem das ravinas e voçorocas cadastradas para cada classe do mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas

A Figura 5.39 apresenta o mapa de distância entre as áreas urbanas e as feições erosivas cadastradas.

Figura 5.39 - Mapa de distância entre as áreas urbanas e feições erosivas cadastradas.

5.11 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLOGIA

A Figura 5.40 apresenta o mapa morfopedológico do Distrito Federal, com as delimitações de dez diferentes compartimentos e distinção das ocorrências erosivas lineares.

Conforme mencionado anteriormente, o limite das diferentes classes de solo (pedologia) e as unidades geomorfologicas conjuntamente com as unidades litológicas tornou-se o critério principal para delimitação dos compartimentos morfopedológicos, além da utilização do banco de dados das feições erosivas e o mapa de uso de solo como ferramentas auxiliares.

Tais compartimentos apresentam características singulares de formas de relevo, solos, litologia, formas de uso e ocupação, bem como diferentes tipos de ocorrência e de suscetibilidade aos processos erosivos lineares. Dez compartimentos morfopedológicos puderam ser definidos para a área de estudo, e representados pela sigla MP seguida do número em algarismo romano.

Os compartimentos, sua suscetibilidade aos processos erosivos lineares e as principais características de cada um deles estão relacionados na Tabela 5.30 e serão aqui bem detalhados a seguir. Devido ao grande número de sub-classes de tipo de solo, neste foram apresentadas as classes e sua distribuição em cada compartimento, porém a distribuição de cada sub-classe de tipo de solo encontra-se especificada no Apêndice A.

5.11.1 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-I

As principais características do compartimento MP – I são: área de 435,74 km² equivalente a 7,5% do Distrito Federal, localizado na porção N – NW, declividade predominante >20%, com uma altitude mínima de 750m e máxima de 1.200m.

A cobertura pedológica é dominada por solos do tipo: cambissolo (Cd14) de textura cascalhenta fase concrecionária e em menor proporção o solo podzólico vermelho - amarelo equivalente eutrófico (Pe3) argila de baixa atividade com relevo forte ondulado e montanhoso, seguido do solo podzólico vermelho – amarelo equivalente eutrófico argila de atividade baixa com relevo ondulado (Pe2), podzólico vermelho amarelo (Pv2) - argila cascalhenta - argilosa com fase pedregosa e terra roxa estruturada similar (Ter2 e Tr3) (Tabela 5.31).

Figura 5.40 – Compartimentação morpedológica do Distrito Federal.

Tabela 5.30 - Principais características dos compartimentos morfopedológicos do Distrito Federal.

Características		Compartimentos Morfopedológicos									
		MP - I		MP - II		MP - III		MP - IV		MP - V	
Área	km²	435,7		875,4		629,6		1198,9		326,3	
	%	7,5		15,1		10,8		20,6		5,6	
Solos Predominantes		Cambissolo (Cd14), podzólico vermelho escuro (Pe3 e Pe2), podzólico vermelho amarelo (Pv2) e terra roxa estruturada similar (Ter2 e Tr3).		Cambissolo (Cd14) e (Cd13)		Cambissolo (Cd1), latossolo vermelho escuro (Le3)		Latossolo vermelho escuro (Le3)		Cambissolo (Cd14 e Cd13), latossolo vermelho escuro (Le3) e latossolo vermelho amarelo (Lv2)	
Litologia		MNPppc, principalmente pelítica com ardósias cinzas e metassiltitos argilosos.		MNPcf, constituída por filitos variados é NPa constituída essencialmente por xistos.		MNPpa, constituída principalmente por ardósias.		MNPpr3, constituído por metarritmito arenoso com intercalações de quartzitos e materiais pelíticos.		MNPpr4, constituído por metarritmito argiloso com intercalações de materiais síltico e MNPcf, principalmente constituído por filitos.	
Formas de Relevo		Superfícies Dissecadas como relevo ondulado a fortemente ondulado		Superfícies Dissecadas a como relevo suave ondulado		Superfícies Deprimidas com relevo suave a suave ondulado.		Região de Chapadas (Chapadas de Contagem, Brasília, Sobradinho e Etchplano do divisor Descoberto/Alagado), relevo plano a suave.		Superfícies Dissecadas a com relevo ondulado	
Uso e cobertura de solo predominante		Campo e mata		Campo		Cerrado e campo		Cerrado, campo e área urbana.		Campo	
Susceptibilidade		Susceptível		Muito Susceptível		Susceptível nas zonas com declividade >20% e pouco susceptível nas áreas com cobertura de cerrado.		Susceptível nas encostas e bordas de chapada e pouco susceptível nas áreas com cobertura de cerrado.		Susceptível e muito susceptível nas encostas a onde as declividades vão acima do 20 %.	
Ocorrências Erosivas	R	29	10,9 %	68	25,6 %	47	17,7 %	59	22,2 %	26	9,8 %
	V	8	22,9 %	11	31,4 %	3	8,6 %	5	14,3 %	3	8,6 %
	FR	42	13,6 %	55	17,9 %	93	30,2 %	64	20,8 %	14	4,5 %
	FS	48	9,7 %	111	22,4 %	57	11,5 %	160	32,3 %	79	15,9 %
Declividade Predominante		> 20 %		> 20 %		2 – 5 %		2 – 5 %		5 – 10 % e > 20% (encostas)	

"- -" Ausência de ocorrências erosões lineares "R" Ocorrência de ravinas "V" Ocorrência de voçorocas "FR" Família de ravinas "FS" Família de sulcos

Org.: Arcaya, S., 2007

Continua....

Continuação.....

Características		Compartimentos Morfopedológicos									
		MP - VI		MP - VII		MP - VIII		MP - IX		MP - X	
Área	km^2	221,5		1004,0		250,0		302,0		501,2	
	%	3,8		17,3		4,3		5,2		8,6	
Solos Predominantes		Cambissolo (Cd13 e Cd12)		Latossolo vermelho escuro (Led3 e Led4)		Latossolo vermelho amarelo (Lvd2) e latossolo vermelho escuro (Led4).		Latossolo vermelho escuro (Led3) e cambissolo (Cd17)		Latossolo vermelho escuro (Led3)	
Litologia		MNPpr3, constituído de metarritmito arenoso e MNPpr4, metarritmito argiloso.		NPb, constituído por um conjunto metassíltico-argiloso de muito baixo grau metamórfico.		MNPcf, predominante constituído por um conjunto variado de filitos.		MNPpr4, constituído principalmente por metarritmito argiloso.		MNPpr3, constituído principalmente por metarritmito arenoso.	
Formas de Relevo		Superfícies Deprimidas com relevo ondulado		Superfícies Deprimidas do Vale do Rio Preto, relevo suave ondulado a ondulado.		Região de Chapadas (Etchplano do Divisor São Bartolomeu / Preto).		Superfície Deprimida do Alto Bartolomeu com relevo suave ondulado a ondulado.		Região de Chapada do Pipiripau.	
Uso e cobertura de solo predominante		Cerrado e campo		Área agrícola e campo		Área agrícola e campo		Campo		Área agrícola, campo e cerrado.	
Susceptibilidade		Susceptível a pouco susceptível		Pouco susceptível		Pouco susceptível a não susceptível		Pouco susceptível a susceptível		Pouco susceptível	
Ocorrências Erosivas	R	5	1,9 %	27	10,2 %	--	--	5	1,9 %	--	--
	V	--	--	5	14,3 %	--	--	--	--	--	--
	FR	32	10,4 %	7	2,3 %	--	--	1	0,3 %	3	0,6 %
	FS	15	3,0 %	16	3,2 %	5	1,0 %	--	--	2	0,4 %
Declividade Predominante		5 – 10 %		2 – 5 %		< 2 %		2 – 5 % e > 20% (limite com a Chapada do Pipiripau)		2 – 5 %	

"- -" Ausência de ocorrências erosões lineare "R" Ocorrência de ravinas "V" Ocorrência de voçorocas "FR" Família de ravinas "FS" Família de sulcos
Org.: Arcaya, S., 2007

Tabela 5.31 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP I.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	224,5	51,5
Latossolo vermelho escuro	LE	21,3	4,9
Latossolo vermelho amarelo	LV	8,1	1,8
Podzólico vermelho amarelo	PV	43,8	10,0
Podzólico vermelho escuro	PE	67,7	15,5
Solos hidromórficos	H	0,1	0
Areias quartzosas	AQ	0,5	0,1
Outros		69,7	16,0
Área urbana		0	0
	TOTAL	435,7	100

Observando-se a geologia (Tabela 5.32) observe-se que a unidade “pc” do Grupo Paranoá (MNPppc) é a litologia predominante com 64,1%, constituída principalmente por litologia pelítica com ardósias cinzas e metassiltitos argilosos associados com eventuais lentes de mármores finos, quartzitos ou conglomerados. Sua espessura varia de 120 a 150 m.

Tabela 5.32 – Distribuição da litologia no compartimento - MP I.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	0,0	0,0
Grupo Araxá	NPa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	279,1	64,1
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	45,3	10,4
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	1,2	0,3
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	0,1	0,0
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	37,8	8,7
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	52,2	12,0
	TOTAL	435,7	100

Quanto ao uso e cobertura de solo (Tabela 5.33), verifica-se que os campos ocupam 47,7% da área do compartimento, seguido pela classe mata galeria com 23,7%.

Tabela 5.33 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP I.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	23.6	5.4
Campo	207.9	47.7
Campo limpo	60.1	13.8
Mata galeria	103.3	23.7
Área urbana	11.6	2.7
Área agrícola	27.3	6.3
Corpos d’água	1.1	0.2
Reflorestamento	0.0	0.0
Solo exposto	0.8	0.2
TOTAL	435,7	100

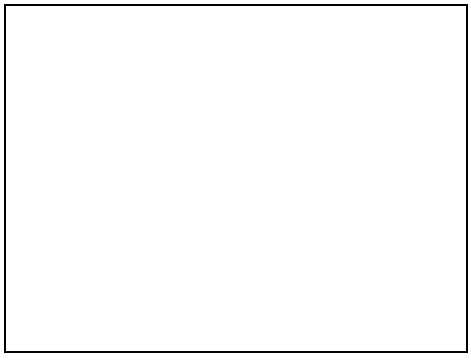
Na Figura 5.41 se observa o relevo ondulado a fortemente ondulado próprio da uma superfície de dissecação. Nota-se que do lado da estrada estadual 015 ocorrem ravinas associadas a uma área de empréstimo, a mesma foi cadastrada como 05_NW_03.

Figura 5.41 – Relevo ondulado a fortemente ondulado da superfície de dissecação MP - I. Fonte: Martins – 2005.

Trata-se de um compartimento suscetível à erosão linear, onde foram cadastradas 29 ravinas, 8 voçorocas e 42 famílias de ravinas, a maioria causada por águas de escoamento pluvial concentrado e a alta declividade, localizadas principalmente nas encostas e cabeceiras de encosta. Também foram cadastradas 48 famílias de sulcos originadas por retirada de material em área de empréstimo, retirada de cobertura vegetal e corte da estrada.

Alguns exemplos de erosões lineares cadastradas no compartimento MP – I são: (a) voçoroca 05_NW_140 originada pelo escoamento superficial d'água e retirada de material (erosão associada a uma área de empréstimo) e (b) sulcos 05_NW_38 com tendência a ravinas causadas por declividade e escoamento d'água ao longo do talude sem cobertura vegetal da estrada (Figura 5.42).

a) 05_NW_140



b) 05_NW_38

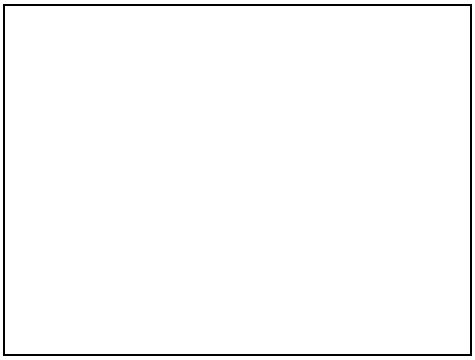


Figura 5.42 – Exemplos de erosões lineares cadastradas (a) voçoroca e (b) sulcos com tendência a ravinas. Fonte: Martins – 2005.

5.11.2 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-II

Este compartimento cobre 15,1% da área com 875,4 km². Altitude mínima de 750m e máxima de 1100m. Declividade predominante >20%. Geomorfologicamente trata-se de uma superfície dissecada (Figura 5.43).

O cambissolo de textura argilosa cascalhenta fase concrecionária, com relevo ondulado e montanhoso, substrato filito, xisto, metassiltito e ardósia (Cd14) é o solo predominante cobrindo uma área de 41,4% da área do compartimento, seguido por o cambissolo de textura argilosa cascalhenta fase concrecionária, com relevo ondulado, substrato filito, xisto, metassiltito e ardósia (Cd13), Tabela 5.34.

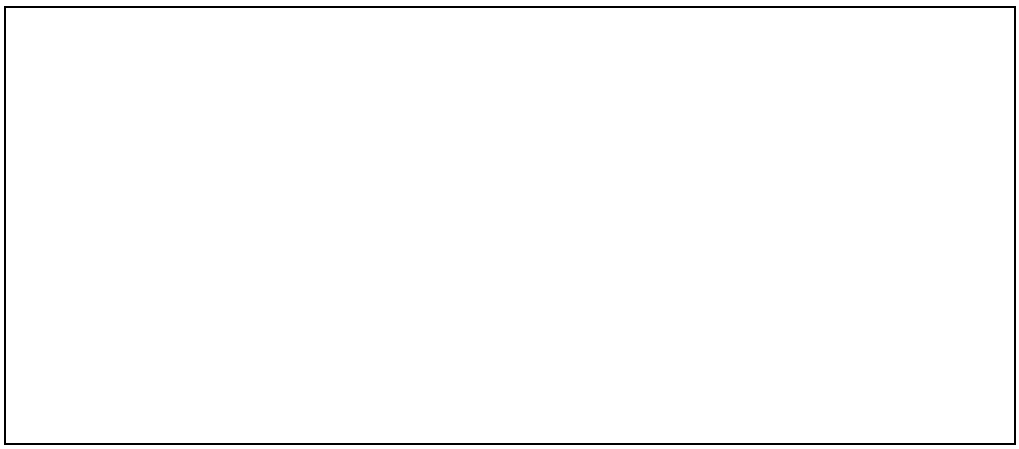


Figura 5.43 – Relevo típico do compartimento MP – II, com declividades predominantes >20%. Fonte: Google Earth - 2006

Tabela 5.34 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP II.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	771,9	88,2
Latossolo Vermelho Escuro	LE	30,4	3,5
Latossolo Vermelho Amarelo	LV	46,1	5,3
Podzólico Vermelho Amarelo	PV	1,7	0,2
Podzólico Vermelho Escuro	PE	6,0	0,7
Solos Hidromórficos	H	7,5	0,9
Areias Quartzosas	AQ	4,8	0,6
Outros		1,5	0,2
Área urbana		5,4	0,6
	TOTAL	875,4	100

O Grupo Canastra constituído por filitos variados com contribuição restrita de quartzitos (intercalações de quartzitos estratificados) e filitos carbonosos é a litologia dominante seguido pelo Grupo Araxá o qual esta constituída essencialmente por xistos variados e subordinadamente por quartzitos (Tabela 5.35).

O compartimento é considerado como susceptível as erosões nas encostas a pouco susceptível nas áreas com cobertura de cerrado.

a) 08_NW_01 b) 01_NW_04

Figura 5.45 – (a) Ravina 08_NW_01 e (b) Voçoroca localizada no parque nacional 01_NW_04. Fonte: Martins – 2005 e Google Earth – 2006.

5.11.4 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-IV

Compreende uma área de 1198,9 km² a qual corresponde a 20,6% do DF, a altitude varia entre 1.050m e 1.340m, a declividade predominante é de 2 – 5% . Trata-se das Chapadas de Contagem, Brasília, Sobradinho e o Etchplano Neogénico do Divisor Descoberto/Alagado. Em termos gerais, apresenta um relevo plano a suave.

Quanto à pedologia, os latossolos predominam nesse compartimento, cobrindo 81,5%, o latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa (LEd3) é a classe de solo dominante ocorrendo na metade do compartimento (603,9 km², 50,4%). Tabela 5.40.

Tabela 5.40 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP IV.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	98,4	8,2
Latossolo Vermelho Escuro	LE	649,5	54,2
Latossolo Vermelho Amarelo	LV	327,5	27,3
Podzólico Vermelho Amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico Vermelho Escuro	PE	0,4	0,0
Solos Hidromórficos	H	62,6	5,2
Areias Quartzosas	AQ	3,0	0,2
Outros		0,0	0,0
Área urbana		57,5	4,8
	TOTAL	1198,9	100

Observando-se a geologia (Tabela 5.41) percebe-se que a unidade “r3” do Grupo Paranoá (MNPpr3) é a litologia predominante com 43,4% corresponde a um metarritmito arenoso,

caracterizado por intercalações de bancos decimétricos a métricos de quartzitos e materiais pelíticos (compostos por metassiltitos e ardósias) cuja espessura atinge os 90m.

Tabela 5.41 – Distribuição da litologia no compartimento - MP IV.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	0,9	0,1
Grupo Araxá	NPa	48,3	4,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	37,3	3,1
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	293,4	24,5
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	238,7	19,9
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	520,3	43,4
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	50,8	4,2
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	9,3	0,8
	TOTAL	1198,9	100

Quanto ao uso e cobertura de solo (Tabela 5.42), verifica-se que o cerrado é a classe de uso e cobertura de solo dominante seguido de perto pela classe campo e área urbana.

Tabela 5.42 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP IV.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	321.4	26.8
Campo	290.7	24.2
Campo limpo	151.7	12.6
Mata galeria	48.7	4.1
Área urbana	174.2	14.5
Área agrícola	164.9	13.8
Corpos d'água	0.9	0.1
Reflorestamento	23.6	2.0
Solo exposto	22.7	1.9
TOTAL	1198,9	100

Mesmo tratando-se de chapadas, foram cadastradas 59 ravinas, 64 famílias de ravinas e 5 voçorocas. O compartimento é susceptível nas encostas e bordas de chapada, e pouco susceptível nas áreas com cobertura de cerrado. Sendo que alguns processos erosivos ocorrem nas encostas, produto da construção de estradas e perto delas (a maioria das estradas localizam-se neste compartimento), devido à falta de um sistema de drenagem pluvial adequado, o qual desencadeia a concentração do escoamento superficial das águas pluviais. O número de famílias de sulcos cadastradas é elevado (160), e estão associadas principalmente as bordas das chapadas.

Na Figura 5.46 (a) se observa a família de ravinas 12_W02 associada a uma área de empréstimo e (b) ravina 03_W01 originada pelo escoamento superficial d'água perto de uma estrada na RA de Taguatinga.

a) 12_W_02 b) 03_W_01

Figura 5.46 – (a) Ravinas associadas a área de empréstimo e (b) ravinas originada pelo escoamento d'água. Fonte: Martins – 2005.

5.11.5 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-V

Corresponde a 5,6% da área estudada com 326,3 km², a altitude mínima é de 750m e a máxima de 1050m, declividade predominante 5 - 10%. Trata-se de superfícies dissecadas que apresentam um relevo ondulado.

A cobertura pedológica é dominada por a classe cambissolo: em primeiro lugar a sub-classe (Cd4) de textura cascalhenta fase concrecionária e seguida pela sub-classe (Cd13) cambissolo de textura argilosa cascalhenta fase concrecionária, com relevo ondulado, substrato filito, xisto, metassiltito e ardósia, em menor proporção os solos do tipo latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa (Led3) e latossolo vermelho amarelo álico de textura argilosa com relevo plano e suave ondulado (Lvd2) (Tabela 5.43).

Tabela 5.43 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP V.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	152,6	46,8
Latossolo vermelho escuro	LE	104,9	32,2
Latossolo vermelho amarelo	LV	45,4	13,9
Podzólico vermelho amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico vermelho escuro	PE	4,7	1,5
Solos hidromórficos	H	8,6	2,7
Areias quartzosas	AQ	3,3	1,0
Outros		6,4	2,0
Área urbana		0,3	0,1
	TOTAL	326,3	100

A unidade "r4" do Grupo Paranoá (MNPpr4) a litologia dominante no compartimento com 33,4% constituído por metarritmito argiloso, composto por intercalações de material

sílticos e argilosos além de delgados estratos de quartzitos finos rosados a avermelhados e em menor proporção o Grupo Canastra com 31,2%, amplamente dominado por filitos variados, (Tabela 5.44).

Tabela 5.44 – Distribuição da litologia no compartimento - MP V.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	26,1	8,0
Grupo Araxá	NPa	59,7	18,3
Grupo Paranoá – unidade c	MNPppc	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade 4	MNPpr4	109,0	33,4
Grupo Paranoá – unidade 3q	MNPpq3	8,6	2,6
Grupo Paranoá – unidade 3	MNPpr3	18,8	5,7
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	2,5	0,8
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	101,6	31,2
	TOTAL	326,3	100

O campo é o tipo de cobertura de solo dominante neste compartimento (Tabela 5.45).

Tabela 5.45 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP V.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	20.1	6.2
Campo	134.1	41.1
Campo limpo	47.0	14.4
Mata galeria	57.8	17.7
Área urbana	6.9	2.1
Área agrícola	46.3	14.2
Corpos d'água	0.9	0.3
Reflorestamento	9.5	2.9
Solo exposto	3.7	1.1
TOTAL	326,3	100

O compartimento é considerado como susceptível e muito susceptível as erosões lineares nas encostas onde a declividade atinge bordas de >20%. Foram cadastradas 26 ravinas, 14 famílias de ravinas, 79 famílias de sulcos e 3 voçorocas. A maioria das erosões lineares ocorre nas encostas das estradas ou do lado delas, devido à falta de um sistema de drenagem pluvial adequado, o qual desencadeia a concentração do escoamento superficial das águas pluviais. Na Figura 5.47 se observa uma voçoroca 02_W_07 desencadeada por escoamento d'água.

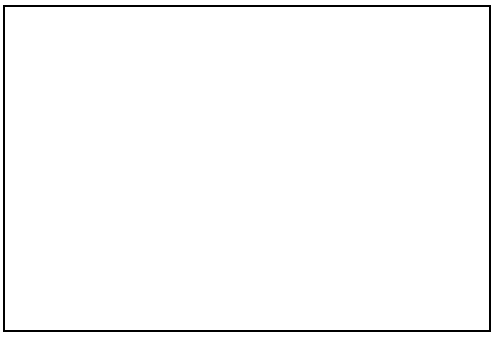


Figura 5.47 – Voçoroca de grande porte (02_07).
Fonte: Souza – 1996.

5.11.6 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-VI

Representa 3,8% da área de estudo com 221,5 km² e altitudes que variam entre 1050 – 1200m, declividades entre 5 – 10%. Tratando-se de superfícies deprimidas. O cambissolo de textura argilosa cascalhenta fase concrecionária, com relevo ondulado, substrato filito, xisto, metassiltito e ardósias (Cd13) é o tipo de solo dominante, seguido do cambissolo de textura argilosa cascalhenta fase concrecionária, com relevo plano e suave ondulado, substrato filito, xisto, metassiltito e ardósia (Cd12) (Tabela 5.46).

Tabela 5.46 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP VI.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	122,2	55,2
Latossolo vermelho escuro	LE	18,2	8,2
Latossolo vermelho amarelo	LV	55,3	25,0
Podzólico vermelho amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico vermelho escuro	PE	0,0	0,0
Solos hidromórficos	H	14,5	6,5
Areias quartzosas	AQ	1,6	0,7
Outros		0,0	0,0
Área urbana		9,8	4,4
	TOTAL	221,5	100

Em quanto à geologia (Tabela 5.47) observa-se que a unidade a unidade “r3” do Grupo Paranoá (MNPpr3) predomina com 43,4%, constituído principalmente por um metarritmito arenoso.

Tabela 5.47 – Distribuição da litologia no compartimento - MP VI.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	0,0	0,0
Grupo Araxá	NPa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	68,9	31,1
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	16,4	7,4
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	94,7	42,8
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	39,7	17,9
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	1,9	0,8
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	0,0	0,0
	TOTAL	221,5	100

Observando-se a distribuição do uso e cobertura do solo (Tabela 5.48) percebe-se que o cerrado é predominante com 32,1%, seguido pelo campo com 28,5%.

Tabela 5.48 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP VI.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	71.2	32.1
Campo	63.1	28.5
Campo limpo	26.5	11.9
Matagaleria	28.1	12.7
Área urbana	15.8	7.1
Área agrícola	14.4	6.5
Corpos d'água	0.8	0.4
Reflorestamento	0.7	0.3
Solo exposto	0.9	0.4
TOTAL	221,5	100

Compartimento susceptível a pouco susceptível à ocorrência de erosões lineares, no qual foram cadastradas somente 5 ravinas localizadas nas proximidades de estradas, 32 famílias de ravinas e 15 famílias de sulcos, as ultimas associadas as estradas.

5.11.7 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-VII

Localiza-se na porção leste do Distrito Federal, com 1.004,0 km² que representam 17,3% da área estudada, sendo a declividade predominante de 2 – 5%. Trata-se da superfície deprimidas do Vale do Rio Preto.

Quanto à distribuição pedológica (Tabela 5.49), observa-se que o latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa (Led3), seguido do latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa com relevo plano e suave ondulado (Led4), sendo que a classe latossolo vermelho escuro é o solo predominante com 66,3% da área.

Tabela 5.49 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP VII.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	138,7	13,8
Latossolo vermelho escuro	LE	665,4	66,3
Latossolo vermelho amarelo	LV	123,1	12,3
Podzólico vermelho amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico vermelho escuro	PE	39,2	3,9
Solos hidromórficos	H	17,3	1,7
Areias quartzosas	AQ	10,1	1,0
Outros		9,2	0,9
Área urbana		0,9	0,1
TOTAL		1004,0	100

O Grupo Bambuí (NPb) constituído por um conjunto metassíltico-argiloso de muito baixo grau metamórfico predomina, cobrindo 94,2% da área (Tabela 5.50).

Tabela 5.50 – Distribuição da litologia no compartimento - MP VII.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	946,0	94,2
Grupo Araxá	NPa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	7,7	0,8
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	6,5	0,6
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	2,9	0,3
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	40,9	4,1
	TOTAL	1.004,0	100

Como se observa na Tabela 5.51 à área agrícola é o tipo de uso e cobertura do solo predominante com 44,3% seguido pela classe campo com 33,6%.

Tabela 5.51 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP VII.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	18.0	1.8
Campo	337.1	33.6
Campo limpo	107.8	10.7
Mata galeria	71.3	7.1
Área urbana	15.6	1.6
Área agrícola	445.1	44.3
Corpos d'água	2.0	0.2
Reflorestamento	0.0	0.0
Solo exposto	7.1	0.7
TOTAL	1004,0	100

Este compartimento é pouco susceptível à ocorrência de erosões lineares, mesmo com 27 ravinas, 7 famílias de ravinas, 16 famílias de sulcos e 5 voçorocas cadastradas desencadeadas principalmente pela retirada da cobertura de solo, retirada de material de empréstimo e escoamento de água provenientes da utilização agrícola. O qual indica que o principal fator pelo qual se desencadeiam as erosões neste compartimento é devido à intervenção do homem.

5.11.8 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-VIII

Localiza-se na porção inferior leste do Distrito Federal, com 250,0 km² que representam 4,3% da área de estudo. Apresentando cotas mínimas de 950 e cotas máximas de 1.100m com uma declividade predominante <2%. Trata-se do Etchplano de Divisor São Bartolomeu / Preto, na região de chapadas.

A cobertura pedológica predominante é o latossolo vermelho amarelo álico de textura argilosa fase cerrado e relevo plano suave ondulado (Lvd2), seguido do latossolo

vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa com relevo plano e suave ondulado (Led4), Tabela 5.52.

Tabela 5.52 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP VIII.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	34,2	13,7
Latossolo vermelho escuro	LE	66,8	26,7
Latossolo vermelho amarelo	LV	144,0	57,6
Podzólico vermelho amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico vermelho escuro	PE	0,6	0,2
Solos hidromórficos	H	2,6	1,0
Areias quartzosas	AQ	1,8	0,7
Outros		0,0	0,0
Área urbana		0,0	0,0
	TOTAL	250,0	100

Em quanto à geologia (Tabela 5.53), o Grupo Canastra predomina com 78,5% constituído por um conjunto variado de filitos.

Tabela 5.53 – Distribuição da litologia no compartimento - MP VIII.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	53,7	21,5
Grupo Araxá	NPa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	196,3	78,5
	TOTAL	250,0	100

Como se percebe na Tabela 5.54 a área rural predomina no compartimento MP –VIII, com 60,1% da área do compartimento.

Tabela 5.54 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP VIII.

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	3.5	1.4
Campo	52.5	21.0
Campo limpo	26.3	10.5
Mata galeria	5.5	2.2
Área urbana	7.6	3.0
Área agrícola	150.2	60.1
Corpos d'água	0.8	0.3
Reflorestamento	0.0	0.0
Solo exposto	3.5	1.4
TOTAL	250,0	100

No compartimento somente foram cadastradas 5 famílias de solos, pelo qual é considerado de pouco susceptível a não ser viável a ocorrência de processos erosivos.

5.11.9 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-IX

Corresponde a 5,2% da área estudada com 302,0 km², com altitudes mínimas de 900m e máximas de 1.150m. Trata-se da depressão do Alto Bartolomeu com relevo suave ondulado a ondulado.

A distribuição da cobertura pedológica (Tabela 5.55) apresenta uma concordância com a declividade, sendo que a os solos do tipo latossolo vermelho escuro com 46,3%, estão associados às declividades de 2 – 5% (solo e declividade predominante), localizados na parte central do compartimento. E os solos do tipo cambissolo com 25,6%, estão associados às declividades > 20%, localizados nos limites com a borda da Chapada de Pipiripau. As sub-classes predominantes no compartimento são: latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa (LEd3), seguido do cambissolo álico raso de textura média cascalhenta fase cerrado com relevo forte ondulado (Cd17).

Tabela 5.55 – Distribuição da pedologia no compartimento – MP IX.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Cambissolo	CB	77,3	25,6
Latossolo vermelho escuro	LE	139,7	46,3
Latossolo vermelho amarelo	LV	45,5	15,1
Podzólico vermelho amarelo	PV	0,0	0,0
Podzólico vermelho escuro	PE	0,0	0,0
Solos hidromórficos	H	27,1	9,0
Areias quartzosas	AQ	2,3	0,8
Outros		0,3	0,1
Área urbana		9,7	3,2
	TOTAL	302,0	100

A unidade “r4” do Grupo Paranoá (MNPpr4) é a litologia dominante no compartimento com 33,4% da área, constituído por metarritmito argiloso, composto por intercalações de materiais síltico e argilosos além de delgados estratos de quartzitos finos rosados a avermelhados, (Tabela 5.56).

Tabela 5.56 – Distribuição da litologia no compartimento - MP IX.

Classes	Siglas	Área em km²	Área em %
Grupo Bambuí	NPb	0,0	0,0
Grupo Araxá	NPa	0,0	0,0
Grupo Paranoá – unidade pc	MNPppc	9,0	3,0
Grupo Paranoá – unidade r4	MNPpr4	144,1	47,7
Grupo Paranoá – unidade q3	MNPpq3	27,9	9,2
Grupo Paranoá – unidade r3	MNPpr3	59,8	19,8
Grupo Paranoá – unidade a	MNPpa	4,6	1,5
Grupo Paranoá – unidade s	MNPps	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade cf	MNPccf	0,0	0,0
Grupo Canastra – unidade f	MNPcf	56,6	18,7
	TOTAL	302,0	100

A Tabela 5.57 apresenta a distribuição do uso e cobertura do solo no compartimento MP – IX, no qual a classe campo é a predominante com 42,0% da área.

Tabela 5.57 – Distribuição do uso do solo no compartimento - MP IX

Classes	Área em km²	Área em %
Cerrado	22.4	7.4
Campo	126.7	42.0
Campo limpo	37.7	12.5
Matagaleria	47.6	15.8
Área urbana	21.0	7.0
Área agrícola	40.8	13.5
Corpos d'água	2.9	1.0
Reflorestamento	0.0	0.0
Solo exposto	2.9	1.0
TOTAL	302,0	100

Considerado como um compartimento pouco susceptível a susceptível à ocorrência de erosões lineares, sendo cadastradas neste cinco ravinas localizadas no campo e uma família de ravinas.

5.11.10 COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO MP-X

Com uma área de 501,2 km², o qual representa 8,6% do DF, com altitudes que variam entre 950 – 1.200 e declividades de 2 – 5 %. Trata-se da Chapada do Pipiripau, relevo plano a suave.

O latossolo vermelho escuro álico ou distrófico de textura argilosa (Led3) cobre m

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. L. (1997). Zoneamento Geotécnico Geral do Distrito Federal: Procedimentos Metodológicos e sua Inserção na Gestão Ambiental. Tese de Doutoramento, EESC/USP, São Carlos, SP, 269 p.

ALMEIDA, G. S. F. (1998). Prevenção de erosões em áreas urbanas. VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente, São Paulo, Anais, CD-ROM.

ARAKI, M.S. (1997). Aspectos relativos às propriedades dos solos porosos colapsíveis do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 121 p.

BAPTISTA, G.M.M., (1998). Caracterização Climatológica do Distrito Federal. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. In Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds), IN MEA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF, Vol. 1, Cap V, pp. 1-22.

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S.; CAMPOS, A. & MEDEIROS, C. M. DE B., (2002). Morfologia do relevo e ocorrências erosivas lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia, GO/MT. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. GEOUERJ, Rio de Janeiro, p. 2154 – 2158.

BARROS, G. J. (1994). Caracterização Geológica e Hidrogeológica do Distrito Federal. Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas. Novaes, M. P (org). Editora da Universidade de Brasília, Brasília, cap. 8, p. 265 - 283.

BELCHER, D. J. & Associates. (1956). Relatório técnico sobre a nova capital da República. Rio de Janeiro: Dasp. 291 p.

BERTONI, J. & LOMBARDI, F. N. (1999). Conservação do Solo. Ícone, 4° ed. São Paulo, SP, 335p.

CADAMURO, A. L. M. (2002). Proposta, avaliação e aplicabilidade de técnicas de recarga artificial em aqüíferos fraturados para condomínios residenciais do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 130 p.

CÂMARA, G. (2005). Manual do programa Spring. Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Disponível em http://www.dpi.inpe.br/spring. Acesso em 15 mar. 2006

CÂMARA, G.; DAVIS, C. & MONTEIRO, A. M. V. (2001). Introdução á Ciência da Geoinformação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 345 p.

CAMPANA, N. A.; MONTEIRO, M. P.; KOIDE, S.; BRANDÃO, C. C.; NETO, O. C., (1998). Caracterização Sócio-econômica do Distrito Federal e das classes e usos dos Recursos Hídricos. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds), In IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF, Vol. 2, pp. 1-109.

CARDOSO, F.B.F. (2002). Propriedades e comportamento mecânico de solos do Planalto Central Brasileiro. Teses de Doutorado em Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília – DF, 357 p.

CARDOSO, F.B.F. (1995). Análise química, mineralógica e micromorfológica de solos tropicais colapsíveis e o estudo da dinâmica do colapso. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 140 p.

CARNEIRO, P. J. R.(1999). Mapeamento geotécnico e caracterização dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e Gestão. Teses de Doutorado em Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 209 p.

CARVALHO, J. C & DINIZ, N. C. (2005). Cartilha de Erosão. Projeto Pronex “Prevenção e recuperação de áreas potencias de degradação por processo de erosão superficial, profunda e interna no Centro Oeste”, Brasília, DF, 33 p.

CARVALHO M. S., DE PINA M. F. & DOS SANTOS S. M. (2000). Conceitos básicos de Informação Geográfica Aplicada à Saúde. Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA), Brasília, Brasil, 122p.

CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 1995. (Coleção Caminhos da Geografia). UFNAPE - UFG

CODEPLAN (1991a). Cartas planialtimétricas em formato vetorial, com 244 folhas na escala 1:10.000, com curvas de 5 em 5 metros, do SICAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal), pertencentes ao PDOT (Plano Diretor de Ordenamento Territorial) do Distrito Federal, Brasília, DF.

CODEPLAN (1991b). Base Cartográfica em formato digital, com informações sobre o sistema viário, hidrografia, hipsometria e áreas urbanas, na escala 1:25.000, do SICAD / PDOT. Brasília, DF.

CONDÉ, R.C.C., (1998). Vegetação do Distrito Federal. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds), In IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF, Vol. 1, Cap IV, pp. 1-21.

DAEE/IPT (1989). Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Controle de erosão. Bases conceituais e técnicas. Diretrizes para o planejamento urbano e regional. Orientações para o controle de boçorocas urbanas. IPT, São Paulo, SP. 92p.

DINIZ, N. C., OGURA, A. T., FREITAS, C. G. L., MACEDO, E. S., CAMPAGNOLI, F., ALMEIDA, M. C. J., OLIVEIRA, M. A, VELZI, P. & BOLIVAR, E. (2001). Aspectos relevantes dos estudos específicos de processos do meio físico na confecção da carta geotécnica de Bertioga – SP. 4° Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Brasília, DF.

DINIZ, N.C. (1998). Automação da Cartografia Geotécnica: Uma Ferramenta de Estudo e Projetos para Avaliação Ambiental Tese de Doutorado, Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP, 297p.

EMBRAPA (1978). Mapa Pedológico do Distrito Federal em formato digital, na escala 1:100.000. Brasília, DF.

ERBA, D. A.; OLIVEIRA, F. L. & JUNIOR, P.N. L. (2005). Cadastro multifinalitário como instrumento da Política Fiscal e Urbana. Ministério das Cidades. Rio de Janeiro, RJ, 144 p.

FERRANTE, J. E. T.; RANCAN, L. & NETTO, P.B. (2000). Uma. Olhares sobre o Lago Paranoá. Fonseca, F. O. (ed.), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) - Governo do Distrito Federal, Brasília – DF. Disponível em http://www.semarh.df.gov.br/ . Acesso em 15 fev. 2007

FREITAS-SILVA, F.H. & CAMPOS, J.E.G. (1998a). Geologia do Distrito Federal. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds.), In IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF, Vol. 1, Parte I, pp. 1-87.

FREITAS-SILVA, F.H. & CAMPOS, J.E.G. (1998b). Mapa geológico do DF em formato digital, na escala 1:100.000, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF.

GDF/PDOT (2005). Revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal. Governo do Distrito Federal, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação, Brasília, DF, 28 p.

GDF (2006). Governo do Distrito Federal. Flora do Jardim Botânico. Disponível em: http://www.jardimbotanico.df.gov.br/005/00502001.asp?ICD_CHAVE=4764. Acesso em: 15 fev. 2007.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) (1999). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO N. (1998). Processos de Dinâmica Superficial – Geologia de Engenharia, Oliveira, A. A. & Brito S. A. (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, São Paulo, Brasil, pp. 131-152.

INMET 2006. Dados Climáticos de Brasília. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/ Acesso em 15 fev. 2007.

IPT (1991). Manual – Ocupação de Encostas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 33p. Disponível em http://www.arq.ufsc.br/~soniaa/arq1206/2004.2/josicler/MarcioCunhaIPT_Manual1991.PDF. Acesso em 24 abr. 2006.

IPT (1986). Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Orientação para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe – Paranapanema. Vol.6. (IPT, relatório, 24.739), (C.P; ME), São Paulo, SP.

IWASA, O. Y. & FENDRICH, R. (1998). Controle da Erosão Urbana – Geologia de Engenharia, Oliveira S. A. & Brito S. A. (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, Brasil, pp. 271- 281.

JULIEN, P.; RAUNET, M. & SYPHANRAVONG, S. (2005). Morphopedological and agronomic appraisal in the resettlement zone for the farmers of Nakai plateau (Laos). Nam Theun DAM – NTPC Project, França, 35 p.

LOCH, C. (1989). Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano. EDUMA/FEESC. Florianópolis, SC, 81p.

LOHMANN, M. (2005). Estudo morfopedológico da Bacia do Arroio Guassupi, São Pedro do Sul – RS: subsídio à compreensão dos processos erosivos. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 140 p.

MAGUIRE, D. J. (1991) - An Overview and Definition of GIS. In Geographical Information Systems, Principles and Applications - D. J. Maguire, M. F. Goodchild and D. W. Rhind (edits), Longman Scientific & Technical, U.K. 649 p. (Volume 1).

MARTINS, E. O. (2005). Cadastro Georreferenciado de Erosões no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 114 p.

MARTINS, E. S. (1998). Sistemas Pedológicos do Distrito Federal. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds), In IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília, DF, Vol. 1, Parte III, pp. 1-25

MARTINS, E. S. & BAPTISTA, G.M.M. (1998). Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. (eds), In IEMA/SEMATEC/UnB 1998. Brasília, DF, Vol. 1, Parte II, pp. 1- 53.

MORTARI, D. (1994). Caracterização Geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 183 p.

NOVAES, M. P. (1994). Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal. Cerrado Caracterização, Ocupação e Perspectivas, In M. Novaes Pinto (org), Editora da Universidade de Brasília, Brasília, DF, pp. 285-344.

OLIVEIRA, M. M. (2002). Utilização do geoprocessamento no cadastro das erosões das porções central e sudoeste do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 179 p.

PAIXÃO, M.M.O.M. & CAMAPUM DE CARVALHO, J. (1994). Influência da microestrutura no colapso de um solo de Brasília. 2º Simpósio Sobre Solos Não-Saturados, Recife, pp 105-110.

QUEIROZ NETO, J. P. (2003). Geomorfologia e Pedologia. In: Revista GEOUSP, vol 13: 5 – 9 pag.

RIBEIRO, J C. & SALOMÃO, F X. (2003). Abordagem morfopedológica aplicada ao diagnóstico e prevenção de processos erosivos na bacia hidrográfica do alto rio da Casca, MT. Geociências, UNESP – SP. V. 22, n. 1, p. 83-95.

RIFFEL, B. A. (2005). Hipsométrica no mapeamento de paleosuperfícies: abordagem quantitativa. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 76p.

ROMÃO, P. A. (2006). Modelagem de terreno com base na morfometria e em sondagens geotécnicas - região de Goiânia – GO. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-034/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília - DF, 166p.

SALOMÃO, F. X. & ANTUNES F.S. (1998). Solos em Pedologia – Geologia de Engenharia, Oliveira S. A. & Brito S. A. (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, Brasil, pp. 87-99.

SALOMÃO, F. X. T. & IWASA, O. Y. (1995). Erosão e a ocupação rural e urbana. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. Capítulo 3. In: ABGE. São Paulo, SP, pp 31-57.

SILVA, A. S. (1999). Análise Morfológica dos solos e erosão. Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações, In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs.). Editora Bertran Brasil, Rio de Janeiro, RJ, pp. 101 - 126.

SEMA. 1988. Caracterização e diretrizes de uso da Área de Proteção Ambiental do rio São Bartolomeu. Volume I. Brasília/DF. 53p.

SOARES, F. S. & ALVES, F. (2004). Análise multitemporal do desenvolvimento urbano do Distrito Federal. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu, Minas Gerais, Brasil, 572 – 587.

SOUZA, N. M. (2004). Apostila de Cartografia Geotecnia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 43 p.

SOUZA, N. M. (2000). Apostila de Sensoriamento Remoto Aplicado à Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 49 p.

UNESCO/IAEG (1976). Engineering Geological Maps. A guide to their Preparation, The UNESCO Press, 79 p., 4 pls.

VALERIANO, C. M.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES L. S. A.; SEER, H. J., (2004). A evolução Tectônica da Faixa Brasília. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra Fernando Flávio Marques de Almeida, In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito-Neves, B. B. (org), Beca, São Paulo, SP, pp. 575-592.

ZUQUETE, L. & GANDOLFI, N. (2004). Cartografia Geotécnica. Oficina de textos, São Paulo,190p.

ZUQUETTE, L.V. & NAKAZAWA, V. A. (1998). Cartas de geologia de engenharia. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia, ABGE, Cap.17, São Paulo, SP, pp. 283-298.

ZUQUETTE, L. V. (1987). Análise Crítica sobre Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras. Tese de doutorado, EESC/USP, São Carlos, SP.

APÊNDICE - A

DISTRIBUIÇÃO DAS SUB-CLASSES DOS TIPOS DE SOLO PARA CADA COMPARTIMENTO MORFOPEDOLÓGICO

Distribuição das sub-classes dos tipos de solo para cada compartimento morfopedológico.

a. Para os cambissolos (CB)

Compart.	Área em Km² para as sub-classes dos cambissolos									
	cd1	cd2	cd3	cd4	cd5	cd6	cd7	cd8	Cd9	Cd10
MP_I	0,0	0,9	0,0	2,6	0,6	0,0	0,0	0,0	9,6	11,3
MP_II	0,0	4,6	0,8	5,4	3,9	10,2	7,0	5,4	23,1	21,5
MP_III	185,2	0,0	1,5	0,6	0,0	0,0	1,1	0,0	15,9	7,5
MP_IV	1,9	0,3	4,1	2,4	0,0	0,0	1,9	0,0	17,0	13,6
MP_V	0,0	2,6	5,7	0,6	0,0	10,3	0,0	4,6	11,7	12,3
MP_VI	14,1	0,6	1,0	0,6	0,4	0,0	10,4	0,7	14,0	2,0
MP_VII	0,0	18,4	0,3	0,5	0,2	23,8	0,0	6,3	11,9	23,4
MP_VIII	0,0	0,3	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	6,2	0,2
MP_IX	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	2,8	11,6
MP_X	0,0	0,1	1,2	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	2,3	2,5
Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Compart.	Área em Km² para as sub-classes dos cambissolos									TOTAL
	Cd11	Cd12	Cd13	Cd14	Cd15	Cd16	Cd17	Cd18	Cd19	
MP_I	31,2	0,8	29,1	127,0	10,1	0,0	1,3	0,0	0,0	224,5
MP_II	21,0	49,1	181,5	362,4	60,0	0,0	3,8	0,0	12,3	771,9
MP_III	0,0	24,5	23,2	5,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	265,4
MP_IV	0,0	14,1	20,5	16,4	4,6	0,5	1,0	0,0	0,0	98,4
MP_V	0,0	8,7	42,3	47,5	0,0	0,6	3,2	0,0	2,6	152,6
MP_VI	0,0	27,1	41,3	9,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	122,2
MP_VII	0,0	11,9	24,9	5,6	0,0	6,8	4,6	0,0	0,0	138,7
MP_VIII	0,0	13,5	5,5	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,2
MP_IX	6,6	8,8	14,5	12,1	0,0	0,0	17,9	0,0	0,5	77,3
MP_X	0,9	4,6	3,4	1,9	0,0	4,9	1,5	0,0	0,0	23,9
Lagos	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,4	0,0	40,6

b. Para os latossolos vermelhos escuros (LE)

Compart.	Área em Km² para as subclasses dos latossolos vermelhos escuros						TOTAL
	led1	Led2	Led3	Led4	Led5	Led6	
MP_I	2,5	9,2	8,3	0,0	1,3	0,0	21,3
MP_II	7,2	2,0	19,7	1,0	0,0	0,5	30,4
MP_III	0,0	0,4	151,1	36,9	0,0	1,7	190,1
MP_IV	1,0	3,6	603,9	35,4	0,0	5,6	649,5
MP_V	16,8	11,7	71,5	4,8	0,0	0,1	104,9
MP_VI	0,0	0,0	16,5	1,4	0,0	0,3	18,2
MP_VII	38,4	52,5	356,3	212,6	0,0	5,6	665,4
MP_VIII	1,1	0,0	23,6	42,1	0,0	0,0	66,8
MP_IX	5,0	11,5	103,0	11,8	0,0	8,4	139,7
MP_X	2,1	11,0	294,8	55,1	0,0	17,3	380,4
Lagos	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5

c. Para os latossolos vermelhos amarelos (LV)

Compart.	Área em Km² para as subclasses dos latossolos vermelhos amarelos									
	lvd1	Lvd2	Lvd3	Lvd4	Lvd5	Lvd6	Lvd7	Lvd8	Lvd9	lvd10
MP_I	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_II	0,2	20,7	0,0	14,2	0,4	2,6	0,0	2,0	0,4	0,1
MP_III	2,2	18,0	0,0	35,5	12,0	13,4	1,1	0,0	0,8	7,7
MP_IV	3,7	68,0	13,8	76,8	17,1	44,1	0,4	0,0	40,7	22,4
MP_V	0,3	23,7	0,4	3,6	0,9	2,1	5,2	3,0	1,3	1,0
MP_VI	1,0	5,2	0,0	18,4	7,3	2,6	0,0	0,0	2,7	2,8
MP_VII	3,2	14,1	0,0	22,5	5,1	0,9	69,5	3,3	0,0	0,0
MP_VIII	1,6	126,6	0,0	9,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_IX	1,4	17,8	0,0	5,4	0,0	12,8	0,0	0,0	1,2	1,4
MP_X	0,5	21,8	0,0	16,5	0,0	19,3	0,0	0,0	5,7	4,0
Lagos	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0

Compart.	Área em Km² para as subclasses dos latossolos vermelhos amarelos				
	lvd11	lvd12	lvd13	lvd14	TOTAL
MP_I	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1
MP_II	1,6	2,8	0,9	0,3	46,1
MP_III	3,4	0,0	5,8	12,6	112,5
MP_IV	5,9	7,3	4,6	22,7	327,5
MP_V	0,4	1,5	0,0	2,1	45,4
MP_VI	3,0	1,8	4,8	5,8	55,3
MP_VII	1,5	0,0	0,1	2,9	123,1
MP_VIII	1,8	0,0	0,8	0,0	144,0
MP_IX	0,5	2,0	0,6	2,4	45,5
MP_X	0,1	0,0	0,2	0,0	68,2
Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1

d. Para os podzólicos vermelhos amarelos (PV)

Compart.	Área em Km² para as subclasses dos podzólicos vermelhos amarelos				
	pv1	pv2	pv3	pv4	TOTAL
MP_I	10,9	14,0	12,9	6,0	43,8
MP_II	0,5	1,2	0,0	0,0	1,7
MP_III	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_IV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_VI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_VII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_VIII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_IX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_X	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

e. Para os podzólicos vermelhos escuros (PE)

Compart.	Área em Km² para as sub-classes dos podzólicos vermelhos escuros			TOTAL
	pe1	Pe2	Pe3	
MP_I	2,8	23,3	41,6	67,7
MP_II	1,8	3,1	1,2	6,0
MP_III	0,5	0,0	0,0	0,5
MP_IV	0,0	0,2	0,1	0,4
MP_V	2,7	1,7	0,3	4,7
MP_VI	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_VII	15,2	24,0	0,0	39,2
MP_VIII	0,4	0,2	0,0	0,6
MP_IX	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_X	0,0	0,1	0,0	0,1
Lagos	0,0	0,1	0,0	0,1

f. Para os solos hidromórficos (H)

Compart.	Área em Km² para as subclasses dos hidromórficos						TOTAL
	Hi1	Hi2	Hi3	Hi4	hld	Hpd	
MP_I	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
MP_II	2,7	0,4	0,8	5,7	0,2	0,0	9,7
MP_III	50,7	93,7	41,1	7,9	1,0	0,0	194,4
MP_IV	35,7	16,3	98,8	2,9	15,5	16,4	185,5
MP_V	3,3	2,4	4,8	0,6	0,0	0,7	11,8
MP_VI	6,4	5,6	2,2	0,7	3,7	2,3	20,9
MP_VII	0,0	22,6	2,2	0,7	0,0	0,0	25,6
MP_VIII	1,0	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	2,9
MP_IX	1,2	51,3	3,7	0,7	0,1	0,7	57,8
MP_X	0,0	7,3	10,8	0,0	2,8	0,0	20,8
Lagos	0,0	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	1,3

g. Para as areias quartzosas (AQ)

Compart.	Área em Km² para as areias quartzosas		TOTAL
	aqd1	aqd2	
MP_I	0,0	0,5	0,5
MP_II	2,6	2,3	4,9
MP_III	0,0	0,0	0,0
MP_IV	0,0	3,0	3,0
MP_V	3,1	0,2	3,3
MP_VI	0,0	1,6	1,6
MP_VII	10,5	0,0	10,5
MP_VIII	1,8	0,0	1,8
MP_IX	1,8	0,6	2,3
MP_X	0,0	1,8	1,8
Lagos	5,3	0,0	5,3

h. Para os outros tipos de solos

Compart.	Área em Km² para os outros tipos de subclasses					TOTAL
	tre1	tre1	tre1	ade	bv	
MP_I	6,5	28,6	27,6	3,0	4,1	69,7
MP_II	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5
MP_III	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_IV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_V	0,6	4,1	1,7	0,0	0,0	6,4
MP_VI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_VII	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	9,2
MP_VIII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MP_IX	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
MP_X	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3
Lagos	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1

APÊNDICE - B

PROGRAMA PARA A ELABORAÇAO DO MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE EXECUTADO NO LEGAL

```
//Programa executado no Legal para a elaboração do mapa de susceptibilidade às erosões lineares.
{
// Pesos a ser aplicados
// Declividade = 0.20
// Geolog_Freitas = 0.12
// Geom_Propos = 0.20
// Pedologico = 0.28
// Uso03 = 0.20

Tematico Decli ("Declividade");
Tematico Geolog ("Geolog_Freitas");
Tematico Geomor ("Geom_Propos");
Tematico Pedol ("Pedologico");
Tematico Uso03 ("Uso03");

Tabela tabDecli (Ponderação);
tabDecli = Novo (CategoriaIni = "Declividade" ,
            "< 2 %":0.15,
            "2 - 5 %":0.20,
            "5 - 10 %":1.00,
            "10 - 20 %":0.80,
            "> 20 %":0.90);

Tabela tabGeolog (Ponderação);
tabGeolog = Novo (CategoriaIni = "Geolog_Freitas" ,
            "MNPppc":0.25,
            "MNPcf":0.75,
            "MNPccf":0.25,
            "MNPpr4":1.00,
            "lentes":0.00,
            "MNPpq3":0.15,
            "MNPpr3":0.50,
            "NPb":0.10,
            "MNPpa":0.50,
            "MNPps":0.15,
            "NPa":0.40,
            "Lago":0.00);

Tabela tabGeomor (Ponderação);
tabGeomor = Novo (CategoriaIni = "Geom_Propos" ,
            "A. REGIÃO DAS CHAPADAS":0.35,
            "B. SUPERFICIES DEPRIMIDAS":0.75,
            "C. SUPERFICIES DISSECADAS":1.00,
            "LAGOS":0.00);

Tabela tabPedol (Ponderação);
tabPedol = Novo (CategoriaIni = "Pedologico" ,
            "cd11":0.15,
            "led2":0.10,
```

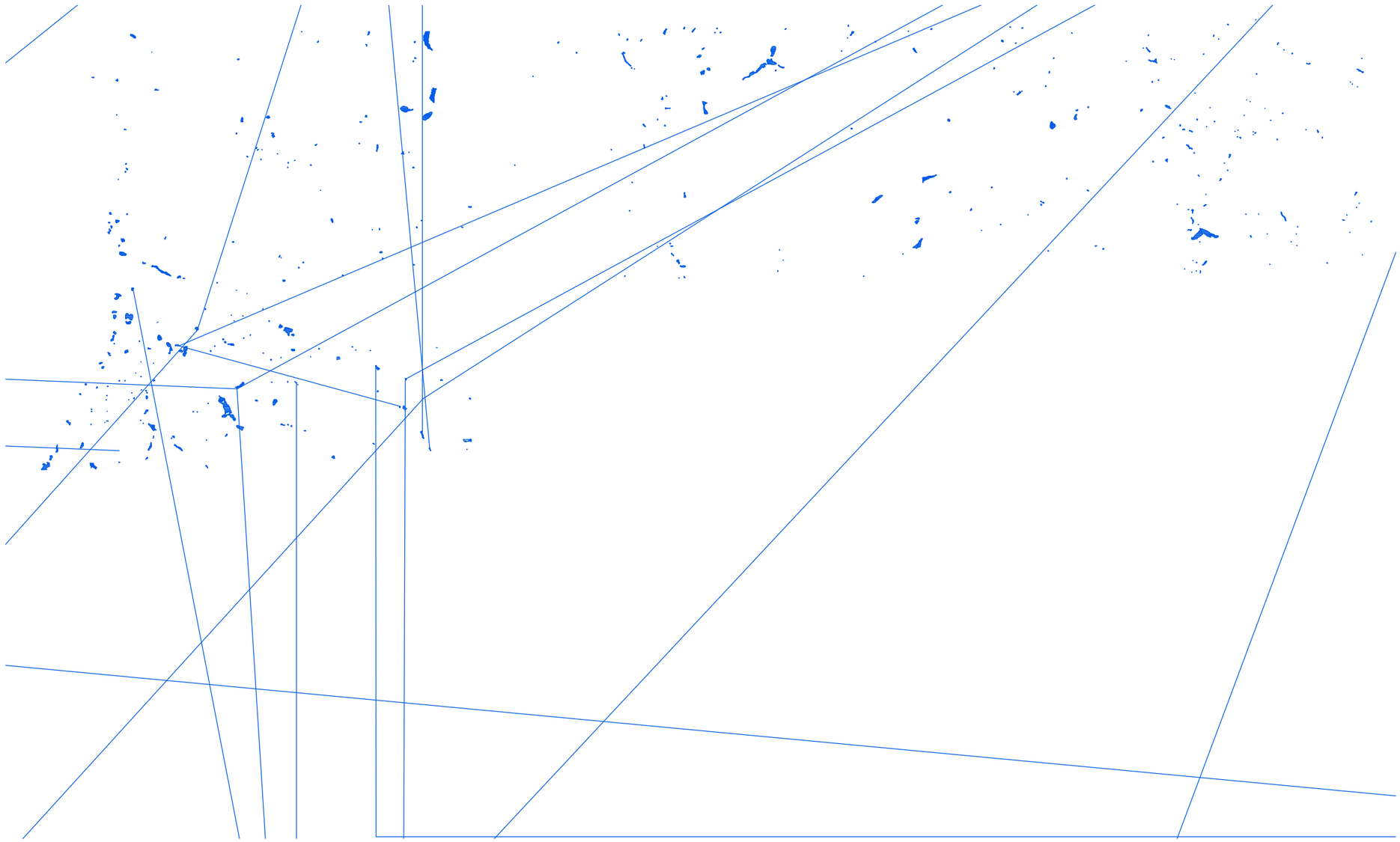
"lvd2":0.60,
"pv1":0.10,
"cd14":0.90,
"cd13":0.85,
"led1":0.10,
"cd10":0.75,
"tre2":0.05,
"pe2":0.10,
"pe3":0.25,
"led3":1.00,
"pv2":0.15,
"pv3":0.10,
"pv4":0.05,
"pe1":0.10,
"lvd6":0.55,
"bv":0.10,
"cd15":0.25,
"cd17":0.10,
"cd12":0.60,
"lvd12":0.10,
"hld":0.40,
"lvd11":0.15,
"hi2":0.45,
"hi3":0.25,
"lvd5":0.15,
"lvd10":0.15,
"lvd4":0.35,
"led4":0.45,
"cd9":0.50,
"cd5":0.00,
"cd2":0.10,
"lvd1":0.05,
"ade":0.00,
"tre3":0.05,
"tre1":0.10,
"cd4":0.15,
"lvd13":0.00,
"lvd14":0.35,
"hi1":0.50,
"lvd9":0.20,
"hpd":0.50,
"cd19":0.15,
"led5":0.00,
"led6":0.15,
"LAGOA BONITA":0.00,
"LAGOA JOAQUIM MEDEIROS":0.00,
"aqd2":0.70,
"aqd1":0.70,
"cd16":0.20,
"lvd8":0.10,

```
            "hi4":0.15,
            "lvd7":0.05,
            "cd6":0.10,
            "cd3":0.00,
            "cd8":0.40,
            "cd7":0.25,
            "lvd3":0.05,
            "cd1":0.00,
            "cd18":0.15,
            "GAMA":0.00,
            "BRASÍLIA":0.55,
            "LAGO PARANOÁ":0.00,
            "SOBRADINHO":0.00,
            "Barragem":0.00,
            "BRAZLÂNDIA":0.00,
            "LAGO DO RIO DESCOBERTO":0.00,
            "CEILÂNDIA E TAGUATINGA":0.45,
            "PLANALTINA":0.00);

Tabela tabUso03 (Ponderacao);
tabUso03 = Novo (CategoriaIni = "Uso03",
            "Cerrado":0.1,
            "Campo":0.50,
            "Mata galeria":0.20,
            "Corpos água":0.00,
            "Reflorestamento":0.10,
            "Área agricola":0.60,
            "Campo limpo":0.55,
            "Solo exposto":1.00,
            "Área urbana":0.25);

// Definição do dado de saída
Numérico Suscep ("Susceptibilidade");

// Recuperação dos dados de entrada

Decli = Recupere (Nome="Declividade");
Geolog = Recupere (Nome="GL_Freitas");
Geomor = Recupere (Nome="Geomorfologico");
Pedol = Recupere (Nome="Pedologico");
Uso03 = Recupere (Nome="Uso03");

// Criação do dado de saída
Suscep = Novo (Nome="Susceptibi", ResX=5.00, ResY=5.00, Escala=100000,
      Min=0, Max=1);
// Geração da média ponderada
Suscep = 0.20*(Pondere(Decli, tabDecli)) + 0.12*(Pondere(Geolog, tabGeolog))+
0.20*(Pondere(Geomor, tabGeomor))+ 0.28*(Pondere(Pedol, tabPedol))+
0.20*(Pondere(Uso03, tabUso03));
}
```