

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

VITOR JUSTE DOS SANTOS

**FRAGILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO LAMINAR NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO DOMINGOS, EM UBÁ/MG**

JUIZ DE FORA

2016

VITOR JUSTE DOS SANTOS

FRAGILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO LAMINAR NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO DOMINGOS, EM UBÁ/MG

Dissertação de Mestrado, submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial do grau de Mestre em Geografia.

Área de Concentração:

Espaço e Ambiente

Linha de Pesquisa:

Dinâmicas Socioambientais

Orientador (a): PEDRO JOSÉ DE OLIVEIRA MACHADO

JUIZ DE FORA

2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Santos, Vitor Juste dos.

Fragilidade ambiental à erosão laminar na bacia hidrográfica do córrego São Domingos, em Ubá/MG / Vitor Juste dos Santos. -- 2016.

159 p. : il.

Orientador: Pedro José de Oliveira Machado

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

1. Bacia hidrográfica. 2. Córrego São Domingos. 3. Erosão laminar. 4. Fragilidade ambiental. 5. Ubá. I. Machado, Pedro José de Oliveira, orient. II. Título.

FRAGILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO LAMINAR NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO DOMINGOS, EM UBÁ/MG

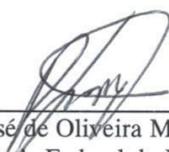
VITOR JUSTE DOS SANTOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Área de Concentração Espaço e Ambiente, linha de pesquisa Dinâmicas Sócio-Ambientais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08/04/2016



Prof. Dr. Fillipe Tamiozzo Pereira Torres (Membro Externo)
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Pedro José de Oliveira Machado (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Roberto Marques Neto (Membro Interno)
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a elaboração desta pesquisa, em especial:

Ao professor Pedro José de Oliveira Machado, pela orientação, se colocando sempre à disposição para ajudar.

Aos professores Roberto Marques Neto e Fillipe Tamiozzo Pereira Torres, pela participação na banca de defesa da dissertação.

Aos servidores do setor de urbanismo da Prefeitura Municipal de Ubá, pela contribuição, seja através de conversas, seja pelo fornecimento de dados e informações para esta pesquisa.

Aos servidores da Secretária de Meio Ambiente e Mobilidade Urbana, pelas informações e dados prestados, imprescindíveis à realização desta pesquisa.

Aos colegas e professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelas conversas, dicas e troca de experiências no decorrer do curso.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, sempre estimuladores na continuação de meus estudos.

À minha noiva, Letícia, pela paciência, carinho e, principalmente, ao estímulo dado para a realização desta pesquisa.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa para a realização deste mestrado.

RESUMO

Ubá está localizado na porção sudeste do Estado de Minas Gerais, na mesorregião da Zona da Mata, sendo polo de uma microrregião composta por 17 municípios. Ubá é a área “core” da microrregião, possuindo diversificada oferta de produtos, bens e serviços, o que gera uma significativa concentração econômica e demográfica, e a diferencia consideravelmente da maior parte das cidades localizadas à sua volta. Demograficamente, tal situação fica evidente a partir dos dados de população apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que demonstram um desproporcional adensamento da população microrregional na cidade de Ubá e que tem importantes consequências no crescimento da cidade ubaense. O aumento acentuado da população urbana resultou na expansão da ocupação para áreas de encostas, muitas delas com declividades elevadas. Isso provavelmente intensificou a ação dos processos erosivos, devido à exposição dos solos nessas áreas. A Bacia Hidrográfica do Córrego São Domingos (BHCS D), área de estudo da presente pesquisa, constitui um dos vetores de crescimento urbano da cidade de Ubá. Com a abertura de loteamentos, as áreas de solos expostos dentro da bacia aumentarão consideravelmente, o que pode aumentar a ocorrência de processos erosivos. A metodologia proposta por Ross (1990; 1994) foi escolhida para avaliar e mapear a fragilidade da área estudada em relação à erosão laminar dos solos. Então, o objetivo geral desta pesquisa é identificar as diferentes fragilidades aos processos erosivos na BHCS D, desde as áreas mais frágeis as menos frágeis, com base na metodologia daquele autor. Constatou-se, que as áreas de encostas são as mais frágeis em relação aos processos erosivos laminares, pois são as que possuem as maiores declividades da bacia e superfícies com solos expostos, principalmente pela abertura de loteamentos e devido a processos erosivos intensos em curso. Já as áreas menos frágeis são as planícies de inundação, pois possuem as menores declividades, e suas superfícies estão altamente impermeabilizadas devido ao processo de urbanização. Contudo, são as áreas que mais recebem sedimentos de montante, causando entupimento da rede de drenagem, sujando as ruas, assoreando os cursos d’água, entre outras consequências, que são responsáveis por intensificar problemas como os alagamentos e as inundações.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica; Córrego São Domingos; Erosão Laminar; Fragilidade Ambiental; Ubá.

ABSTRACT

Ubá is located in the southeastern portion of the State of Minas Gerais, in the middle region of the Zona da Mata. It is polo of a micro-region of 17 municipalities. Ubá is the core area of the micro-region, having diversified range of products, goods and services, which generates a significant economic and demographic concentration, and differs considerably from most towns located around it. Demographically, this situation is evident from the population data provided by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) and made available by the Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), which show a disproportionate density of micro-regional population in the city of Ubá and has important consequences on the growth of the city. The sharp increase of the urban population has resulted in the expansion of occupation to areas of hillsides, many with high steepness. This probably intensified the action of erosion due to exposure of the soil in these areas. The Bacia Hidrográfica do Córrego São Domingos (BHCS D), study area of this research, is one of the urban growth area of the city of Ubá. With the opening of allotments, areas of exposed soils within the basin will increase considerably, which could increase the occurrence of erosive processes. The methodology proposed by Ross (1990, 1994) was chosen to assess and map the fragility of the studied area in relation to soil sheet erosion. So, the objective of this research is to identify the different fragilities to erosion in BHCS D, from the most fragile areas at less fragile, based on that author methodology. It was found that the areas of the slopes are the most fragile in relation to sheet erosion, as are those with the highest slopes of the basin and surfaces exposed soils, particularly by the opening of allotments and due to intense erosive processes underway. As for the less fragile areas are the flood plains, because have the smaller slope and their surfaces are highly impermeable due to the urbanization process. However, are the areas that receive the most amount of sediment, causing clogging of the drainage system, littering the streets, obstructing the water courses, among other consequences, which are responsible for intensifying problems such as flooding.

Key-Words: Environmental Fragility; São Domingos Stream; Sheet Erosion; Ubá; Watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Representação de uma bacia hidrográfica.....	24
Figura 1.2 – Corte A-B da figura 1.1, mostrando um dos vales fluviais de uma bacia hidrográfica.....	24
Figura 1.3 – Seções de escoamento da calha fluvial.....	25
Figura 1.4 – Esquema da desagregação mecânica do solo pelo impacto da gota de chuva.....	33
Figura 2.1 – Localização do município de Ubá/MG.....	43
Figura 2.2 – Evolução do território municipal de Ubá/MG a partir de 1872.....	47
Figura 2.3 – Crescimento da mancha urbana de Ubá entre 1985 a 2011.....	56
Figura 2.4 – Área central de Ubá na década de 1960.....	57
Figura 2.5 – Área central de Ubá em 2014.....	57
Figura 2.6 – Crescimento da área urbana de Ubá entre 1985 a 2011.....	59
Figura 2.7 – Os bairros da BHCS D.....	60
Figura 2.8 – Expansão urbana na BHCS D entre 1975 e 2014.....	61
Figura 2.9 – Corte realizado na encosta para construção de residência no bairro Bom Pastor com sistema de drenagem ineficiente, causando erosão em sulco na área de forma acelerada.....	64
Figura 2.10 – Sedimentos que atingem a Rua José Rezende Brando, bairro Bom Pastor, durante as chuvas.....	65
Figura 3.1 – Fluxograma geral da metodologia.....	68
Figura 3.2 – Roteiro metodológico para a definição das classes de suscetibilidade à erosão.....	71
Figura 3.3 – Roteiro para a elaboração do mapa de potencial à erosão laminar.....	74
Figura 4.1 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCS D, segundo metodologia de Ross (1994).....	91
Figura 4.2 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCS D, segundo proposta da EMBRAPA (2006).....	92
Figura 4.3 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCS D, segundo metodologia de Crepani <i>et al.</i> (2001).....	93
Figura 4.4 – Unidades pedológicas da BHCS D.....	97
Figura 4.5 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo os tipos de solos da BHCS D.....	100
Figura 4.6 – Vegetação arbórea na BHCS D.....	102
Figura 4.7 – Pastagem cultivada na BHCS D.....	103
Figura 4.8 – Pastagens não-cultivadas na BHCS D.....	103
Figura 4.9 – Exemplos de áreas impermeabilizadas na BHCS D.....	104
Figura 4.10 – Exemplos de áreas semi-impermeabilizadas na BHCS D.....	105

Figura 4.11 – Exemplos de solos expostos na BHCS D.....	105
Figura 4.12 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo as classes de uso e cobertura da terra da BHCS D.....	107
Figura 5.1 – Fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D.....	111
Figura 5.2 – Encosta exposta à ação da chuva.....	118
Figura 5.3 – Movimento de massa em encosta exposta à ação da chuva.....	118
Figura 5.4 – Localizações dos loteamentos Santa Clara (círculo azul) e Bom Pastor (círculo preto).....	119
Figura 5.5 – Comparação da situação dos terrenos nos loteamentos no Bom Pastor (à esquerda) e no Santa Clara (à direita).....	121
Figura 5.6 – Cortes em 90° nas encostas do bairro Bom Pastor para construção de residências.....	122
Figura 5.7 – Sulcos e ravinas nas encostas no bairro Bom Pastor.....	122
Figura 5.8 – Pequenos loteamentos no bairro Bom Pastor (círculo azul).....	123
Figura 5.9 – Solos expostos atrás de residências no bairro São Domingos e erosão causada por chuva forte.....	124
Figura 5.10 – Lotes com solos parcialmente expostos entre residências no bairro São Domingos.....	125
Figura 5.11 – Exemplos de áreas urbanas semi-impermeabilizadas no Bairro São Domingos (círculos azuis) e no Eldorado (círculo preto).....	126
Figura 5.12 – Corte em 90° em encosta do bairro Eldorado para construção de edifícios.....	127
Figura 5.13 – Prática da queimada em pastagem não-cultivada no bairro Eldorado.....	128
Figura 5.14 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana. Pastagem não-cultivada (círculo roxo), pastagem cultivada (círculo azul) e vegetação arbórea (círculo preto).....	129
Figura 5.15 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana, em uma pastagem cultivada.....	130
Figura 5.16 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana, em uma pastagem não-cultivada.....	131
Figura 5.17 – Exemplos de áreas atingidas por solos carregados das encostas à montante da planície de inundação.....	132
Figura 5.18 – Exemplos de canal fluvial e rede de drenagem assoreados pelos solos advindos das encostas à montante das planícies de inundação.....	133
Figura 5.19 – Exemplos de áreas impermeabilizadas nos bairros Bom Pastor (círculo azul) e Eldorado (círculo preto).....	134
Figura 5.20 – Zoneamento ambiental proposto para a BHCS D.....	135

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Relação entre evolução demográfica e atividades econômicas do município de Ubá, no período de 1872 a 2010.....	44
Gráfico 2.2 – Evolução da população urbana dos municípios da microrregião de Ubá entre 1970 e 2010.....	51
Gráfico 2.3 – Evolução da população rural dos municípios da microrregião de Ubá entre 1970 e 2010.....	51
Gráfico 2.4 – Evolução da população dos municípios da microrregião de Ubá/MG, entre 1991 a 2015, segundo as estimativas populacionais do IBGE.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Municípios emancipados de Ubá.....	48
Tabela 2.2 – Evolução demográfica da microrregião de Ubá/MG entre 1872 e 2010.....	50
Tabela 2.3 – Pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários entre 1970 e 2006.....	52
Tabela 2.4 – Produto Interno Bruto (PIB) da microrregião de Ubá, de Minas Gerais e do Brasil.....	53
Tabela 2.5 – Concentração da população urbana da microrregião em Ubá.....	55
Tabela 3.1 – Pesquisas que utilizaram as metodologias propostas por Ross (1994), Crepani <i>et al.</i> (2001) e Salomão (1999).....	66
Tabela 3.2 – Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.....	69
Tabela 3.3 – Escala de vulnerabilidade das UTB's.....	70
Tabela 3.4 – Categorias morfométricas com base nas relações mostradas no quadro 4.1.....	76
Tabela 3.5 – Categorias hierárquicas das classes de declividades.....	77
Tabela 3.6 – Classes de fragilidade dos solos.....	77
Tabela 3.7 – Graus de proteção dos tipos de cobertura vegetal.....	78
Tabela 4.1 – Classificação das unidades de fragilidade.....	88
Tabela 4.2 – Intervalos de declividades segundo os estudos de aptidão agrícola e de geotecnia.....	89
Tabela 4.3 – Intervalos de declividades utilizados em diferentes propostas metodológicas.....	90
Tabela 4.4 – Área ocupada na BHCS D, por intervalos de declividades segundo diferentes metodologias.....	94
Tabela 4.5 – Características das unidades de mapeamento dos solos da BHCS D.....	96
Tabela 4.6 – Compartimentação do relevo da BHCS D.....	98
Tabela 4.7 – Relação relevo x solo na BHCS D.....	99
Tabela 4.8 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo os tipos de solos da BHCS D.....	101
Tabela 4.9 – Áreas das pedoformas presentes na BHCS D.....	101
Tabela 4.10 – Categorias hierárquicas à erosão laminar do uso e cobertura da terra na BHCS D.....	106
Tabela 4.11 – Áreas dos usos e coberturas da terra na BHCS D.....	106
Tabela 4.12 – Influências (pesos) e notas para cada plano de informação e categoria hierárquica.....	108
Tabela 4.13 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar do solo de acordo com os conjuntos numéricos.....	109
Tabela 5.1 – Áreas das categorias hierárquicas à erosão laminar na BHCS D.....	112

Tabela 5.2 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Alta” fragilidade à erosão laminar.....	113
Tabela 5.3 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Média” fragilidade à erosão laminar.....	114
Tabela 5.4 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Baixa” fragilidade à erosão laminar.....	115
Tabela 5.5 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Muito Baixa” fragilidade à erosão laminar.....	116
Tabela 5.6 – Áreas das zonas de atuação da BHCSA.....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Matriz dos índices de dissecação do relevo.....	76
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ACIU	Associação Comercial e Industrial de Ubá
BHCSD	Bacia Hidrográfica do Córrego São Domingos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFET	Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INTERSIND	Sindicato Intermunicipal das Indústrias Moveleiras de Ubá
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ONU	Organização das Nações Unidas
PI	Plano de Informação
PMU	Prefeitura Municipal de Ubá
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UEMG	Universidade do Estado de Minas Gerais
UTB	Unidade Territorial Básica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 – CONCEITOS BÁSICOS	22
1.1 – Bacia Hidrográfica	22
1.2 – Erosão	31
1.2.1 – <i>Escoamento superficial e erosão pluvial</i>	32
1.2.2 – <i>Condicionantes naturais da erosão pluvial</i>	39
1.2.2.1 – Erosividade da chuva.....	39
1.2.2.2 – Erodibilidade do solo.....	39
1.2.2.3 – Características do relevo.....	40
1.2.2.4 – Cobertura vegetal.....	41
1.2.3 – <i>Condicionantes antrópicos da erosão pluvial</i>	41
2 – APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
2.1 – Escolha da BHCS D para o estudo	62
3 – ESCOLHA CONCEITUAL E METODOLÓGICA PARA A PESQUISA	66
3.1 – Os conceitos de vulnerabilidade, suscetibilidade e fragilidade	80
3.2 – Escolha do conceito e da metodologia para a presente pesquisa	84
4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	86
4.1 – Mapeamentos preliminares para a análise da Fragilidade Ambiental	88
4.1.1 – <i>Intervalos de classes de declividade</i>	89
4.1.2 – <i>Pedoformas</i>	94
4.1.3 – <i>Uso e cobertura da terra</i>	101
4.2 – Sobreposição dos planos de informações	107
5 – FRAGILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO LAMINAR NA BHCS D	111
5.1 – Categorias hierárquicas da fragilidade à erosão laminar	112
5.1.1 – <i>Muito Alta</i>	112

5.1.2 – <i>Alta</i>	113
5.1.3 – <i>Média</i>	113
5.1.4 – <i>Baixa</i>	115
5.1.5 – <i>Muito Baixa</i>	116
5.2 – Avaliação do mapeamento a partir dos trabalhos de campo	116
5.2.1 – <i>Áreas de ocupações imediatas e solos expostos por processos erosivos em curso</i>	117
5.2.2 – <i>Áreas de ocupações consolidadas semi-impermeabilizadas</i>	124
5.2.3 – <i>Áreas com potenciais de ocupações urbanas</i>	127
5.2.4 – <i>Áreas de ocupações consolidadas impermeabilizadas</i>	131
5.3 – Proposta de zoneamento ambiental para a BHCS D	134
5.3.1 – <i>Áreas de atuação imediata (AI)</i>	136
5.3.2 – <i>Áreas de atuação em curto prazo (ACP)</i>	139
5.3.3 – <i>Áreas de atuação em médio prazo (reflorestamento) (AMPR)</i>	140
5.3.4 – <i>Áreas de atuação em médio prazo (infraestrutura) (AMPI)</i>	142
CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
REFERÊNCIAS	148
ANEXO	158

INTRODUÇÃO

O crescimento significativo da população mundial, nas últimas décadas, é uma preocupação recorrente nos estudos ambientais, pois a mesma atingiu os sete bilhões de pessoas no ano de 2011 e em 2014 alcançou os 7,2 bilhões de habitantes. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que de 2013 a 2025 haja um aumento de um bilhão de pessoas e até 2050, atinja os 9,6 bilhões (UN, 2013).

Esse aumento populacional será mais intenso em países menos desenvolvidos. Isso porque, enquanto a população das regiões mais desenvolvidas permanecerá praticamente a mesma até 2050, com 1,3 bilhão de habitantes, nos 49 países menos desenvolvidos do mundo é prevista a duplicação de suas populações, passando de 900 milhões em 2013 para 1,8 bilhão de pessoas em 2050 (UN, 2013).

No Brasil, a população em 2014 era de 202.768.562 habitantes, com previsão de alcançar 217.193.093 em 2024 e 228.350.924 em 2042, que, segundo estas estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), será o ano do auge demográfico brasileiro, com a população, a partir de então, decrescendo até 2060 para 218.173.888 habitantes (IBGE, 2013).

Tal crescimento demográfico reflete-se no espaço, pois o aumento do número de pessoas gera uma demanda por locais a serem ocupados pelos futuros habitantes, seja em áreas urbanas ou rurais. Porém, a humanidade por optar viver coletivamente, afamou a cidade por possibilitar aos seus habitantes todas as vantagens de acesso à habitação, emprego, abastecimento, energia, saneamento, transporte, saúde, educação e lazer (DANNI-OLIVEIRA, 2002).

Não é coincidência que em 2014 mais da metade da população mundial residia em áreas urbanas, enquanto que na década de 1950, dois terços (2/3) da população mundial viviam, predominantemente, em áreas rurais. Até 2050, a ONU estima que a situação deva se inverter em relação à metade do século XX, com dois terços (2/3) da população mundial habitando as áreas urbanas (UN, 2014).

A população urbana global aumentou de 0,7 bilhão em 1950 para 3,9 bilhões em 2014, podendo atingir os 6,3 bilhões em 2050. Já a população rural global está deixando de crescer, pois se estima que o seu pico seja alcançado pouco após de 2020, quando atingirá os 3,4 bilhões, decaindo posteriormente para 3,2 bilhões em 2050, segundo estimativas da ONU (UN, 2014).

Um número crescente de países está se tornando altamente urbanizado, com a maioria de suas populações se concentrando em áreas urbanas. Em 1950, entre 233 países apenas 15% tinham níveis de urbanização superior a 60% e apenas 6% tinham mais de 80%. Em 2014, aproximadamente, metade dos países do mundo possuía urbanização superior a 60% e 25%, superior a 80%. As estimativas indicam que em 2050, 70% dos países atingirão uma taxa de urbanização superior a 60% e 38% superarão os 80% (UN, 2014).

Em contrapartida, o número de países predominantemente rurais vem diminuindo ao longo do tempo. Em 2014, apenas 63 dos 233 países do mundo possuíam urbanização inferior a 40%, ou seja, abaixo dos 157 países em 1950. Em 2050, a estimativa é de que 27 países possuam taxa de urbanização inferior a 40%, metade dos quais são pequenas ilhas ou territórios com populações inferiores a dois milhões de habitantes (UN, 2014).

Esse crescimento demográfico e o conseqüente aumento das áreas urbanas em todo o mundo vêm sendo apontados como os principais fatores que resultam em transformações negativas que afetam o Planeta, tanto nas questões naturais quanto nas questões econômicas e sociais. Problemas como extinções de espécies, poluição, desmatamento, desertificação, erosão dos solos, aumento dos desastres, entre outros, são alguns elencados como conseqüências negativas desencadeadas pela explosão demográfica das últimas décadas (GEWEHR, 2006).

Como aponta Hogan (1991, p. 61), [...] “A pressão demográfica já foi responsabilizada por todos os males do mundo moderno”. Este autor destaca que são poucos os assuntos que contam com tantos títulos na bibliografia sobre população e meio ambiente quanto o que relaciona impacto demográfico sobre o meio físico. Porém, a relação entre população e ambiente é muitas vezes reduzida a uma relação unidimensional, que frequentemente relaciona a pressão de números populacionais sobre os recursos naturais (HOGAN, 1991).

Dessa forma, não se trata apenas de realizar nas pesquisas sobre população e ambiente essa relação unidimensional. Há outros fatores envolvidos na ocupação do espaço, tão importantes quanto o crescimento demográfico, que interferem de forma negativa no ambiente e que Hogan (1991) chama atenção em seu trabalho.

Conseqüentemente, devido à importância de elencar outros fatores (além do crescimento demográfico) que levam à degradação ambiental, ganha importância a abordagem de Ross (1990, 1994, 1995 e 2009) acerca do planejamento físico territorial. Este autor, nestes trabalhos, destaca a necessidade de se conhecer, pesquisar e avaliar os locais, sejam já ocupados pelo

homem ou não, no sentido de identificar as potencialidades naturais para usufruto da humanidade, mas também identificar as fragilidades naturais, com o intuito de evitar futuros impactos negativos ao ambiente e aos seres humanos.

Portanto, é possível diminuir os impactos de determinadas ações da sociedade sobre o ambiente através da realização de diagnósticos ambientais, antes de qualquer interferência no mesmo. Tais diagnósticos são essenciais para subsidiar projetos para implantação de usinas hidro e termoelétricas, rodovias, ferrovias, expansão urbana, reassentamento de populações face ao programa de reforma agrária, instalações portuárias, mineração, indústrias, entre outras atividades que interferem de modo acentuado no ambiente (ROSS, 1994).

Por tudo isso se torna de fundamental importância conhecer o quanto a população de um determinado município está crescendo, com o intuito de se prever a quantidade de pessoas que habitarão o mesmo nos anos seguintes, e, a partir daí, planejar a ocupação das áreas de interesse.

No Brasil, segundo o IBGE, os municípios considerados de médio porte, ou seja, aqueles que possuíam uma população entre 100 mil e 500 mil habitantes em 2014, são os que tiveram as maiores taxas de crescimento demográfico, verificadas entre 2013 e 2014 (taxa de 1,12%)¹.

Em contrapartida, os pequenos municípios, aqueles que possuíam população inferior a 100 mil habitantes, apresentaram taxas de crescimento populacional inferiores aos de médio porte (0,72%). O baixo crescimento ou até o decréscimo da população, em muitos casos, pode ser explicado pelo componente migratório².

Ubá/MG está inserida neste contexto de crescimento populacional das cidades médias brasileiras. O município está localizado na porção sudeste do Estado de Minas Gerais, na mesorregião da Zona da Mata, uma das 12 unidades geográficas que compõem o Estado Mineiro, sendo polo da microrregião de mesmo nome, composta por 17 municípios.

A microrregião conta, em sua maioria, com cidades muito pequenas. Somente Ubá, cidade de maior porte, é considerada um Centro Sub-Regional A e Visconde do Rio Branco,

¹ Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2704>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

² Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2704>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

considerado Centro de Zona B. Os demais municípios são considerados Centros Locais³ (IBGE, 2008).

Ubá é a área “core” da microrregião, possuindo diversificada oferta de produtos, bens e serviços, o que gera uma significativa concentração econômica e demográfica, e a diferencia consideravelmente da maior parte das cidades localizadas à sua volta.

Além disso, em Ubá foi implantada uma Unidade Avançada do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia (IFET) (PMU, 2012), além de contar com um campus da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG/UNIDADE UBÁ, s/d), sendo estes, além das indústrias moveleiras, fatores de atração de pessoas para o município, para fins de trabalho e/ou estudo.

Demograficamente, tal situação fica evidente a partir dos dados de população apresentados pelo IBGE e disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que demonstram um desproporcional adensamento da população microrregional na cidade de Ubá e que tem importantes consequências no seu processo de crescimento.

Devido a essa atratividade, a população de Ubá passou de 66.511 em 1991 para 109.779 em 2014, um incremento de 65% em 23 anos, enquanto o restante dos municípios da microrregião teve crescimento baixo ou mesmo negativo (IPEA, s/d).

Devido ao crescimento populacional significativo do município de Ubá, em sua maioria na área urbana (97.599 habitantes, em comparação aos 3.867 na área rural em 2010, segundo dados do IBGE), a demanda por novos espaços no perímetro urbano vem aumentando, o que implica na abertura de vias, loteamentos e alterações na sua morfologia, decorrentes de cortes e aterros.

Esse processo de transformação da paisagem, pela abertura de loteamentos, seja de forma legal ou irregular, acelera e intensifica a ocorrência dos processos erosivos devido à exposição do solo à ação das chuvas. Goudie (1989 e 1990 *apud* GUERRA e MENDONÇA, 2011) menciona que a urbanização pode criar mudanças significativas nas taxas de erosão, e que esses índices são maiores nas fases iniciais de construção de uma cidade, quando há uma grande quantidade de solo exposto, além de muita perturbação no terreno devido à movimentação de máquinas e escavações.

³ Informações sobre a hierarquia das cidades brasileiras, consultar anexo.

No entanto, a cidade de Ubá não está na fase inicial de construção, sendo seu espaço físico consolidado, principalmente nos fundos dos vales, onde se processou o início da ocupação, próximo dos cursos d'águas (ANDRADE, 1961).

O crescimento acentuado da população urbana resultou na expansão da ocupação para áreas de encostas, muitas delas com declividades acentuadas. Isso provavelmente intensificou a ação dos processos erosivos, devido à exposição dos solos em áreas de grande declividade, e, conseqüentemente, provocou impactos causados pelas chuvas, muitos destes registrados nos jornais do município (“Cidade de Ubá”, “O Noticiário” e “Folha do Povo”) e também pela defesa civil local.

Nesse quadro, insere-se a área de estudo desta pesquisa. Para fins de delimitação, a área-objeto é uma bacia hidrográfica que possui uma área de 2,04 km² e uma população estimada em 11.220 pessoas (um habitante por 181,85 m²), abrangendo três bairros (São Domingos, Eldorado e Bom Pastor) e uma pequena parte do centro da cidade. É uma área representativa da concentração urbana, pois abriga 10,11% da população total do município em uma área que abrange apenas 2,07% do perímetro urbano.

A área de estudo foi definida a partir dos problemas relacionados à erosão dos solos, como movimentos de massa, assoreamento dos cursos d'águas e alagamentos causados por entupimento de bueiros. Problemas que causam muitos transtornos à população destes bairros. Além disso, a mesma constitui um dos vetores de crescimento urbano da cidade de Ubá. Com a abertura de loteamentos, as áreas de solos expostos dentro da bacia aumentarão consideravelmente, o que pode aumentar a ocorrência de processos erosivos. Por conseguinte, os problemas com entupimentos de bueiros e os conseqüentes alagamentos, além dos movimentos de massa, tendem a se agravar.

Portanto, a partir da problematização feita até momento, esta pesquisa se incube de responder, mesmo que parcialmente, a seguinte questão:

Em que medida as ações humanas (representadas neste trabalho como os cortes de encostas, abertura de loteamentos, queimadas, ocupações irregulares, desmatamento e a criação de gado) são responsáveis pelos processos erosivos laminares na bacia hidrográfica em estudo?

Para tanto, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar as diferentes fragilidades aos processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Córrego São Domingos (BHCSO), desde as áreas mais frágeis as menos frágeis, com base na metodologia proposta por Ross (1990; 1994).

Também se propõe atingir os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os principais impactos relacionados à erosão dos solos, correlacionando tais informações com o objetivo geral da pesquisa;
- Avaliar as limitações e vantagens da metodologia utilizada;
- Sugerir ações para minimizar os efeitos das intervenções da sociedade nos processos erosivos na área em estudo.

A fim de alcançar os objetivos propostos, a estrutura da dissertação possui cinco capítulos, além da introdução e das considerações finais.

O primeiro capítulo, nomeado de “Conceitos Básicos” abordará os principais conceitos utilizados na pesquisa. Assim, explicará de forma detalhada e didática a bacia hidrográfica, seus componentes e suas inter-relações. Além disso, explanará sobre a erosão laminar, suas formas de ocorrência e o papel do homem na intensificação deste fenômeno.

O segundo capítulo, intitulado “Apresentação da Área de Estudo”, explicará como ocorreu a ocupação do sítio em que está instalada a área urbana de Ubá, ou seja, como foi a dinâmica demográfica na cidade, principalmente, a partir da década de 1970. Destacará as consequências dessa ocupação, especialmente às relacionadas à erosão do solo. Posterior a esta exposição, a BHCS D será apresentada, destacando-se os problemas relacionados à erosão na área, bem como justificando sua escolha como objeto dessa pesquisa.

No terceiro capítulo, “Escolha Metodológica e Conceitual para a Pesquisa”, serão apresentadas diferentes metodologias elaboradas com o objetivo de produzir zoneamentos ambientais, detalhando-as e justificando a opção pela metodologia adotada neste trabalho.

No quarto capítulo, nomeado como “Procedimentos Metodológicos”, será apresentada a metodologia escolhida para elaborar o mapa de fragilidade ambiental à erosão laminar da área em estudo. Além disso, serão exibidos os produtos cartográficos necessários à elaboração do mapa final de fragilidade à erosão, detalhando os critérios e técnicas utilizadas.

No quinto capítulo, denominado de “Fragilidade Ambiental à Erosão Laminar na BHCS D”, serão apresentados os resultados da pesquisa.

Nas “Considerações Finais” serão discutidos os resultados do estudo, almejando responder, ao menos em parte, a problemática proposta no início da pesquisa.

1. CONCEITOS BÁSICOS

O presente capítulo é dedicado a apresentar alguns conceitos fundamentais para esta pesquisa. O objetivo é discutir diferentes abordagens sobre esses conceitos, que serão constantemente utilizados ao longo do texto, definindo-se aquelas que melhor se adequam à preocupação do estudo.

1.1. Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica representa uma unidade espacial de análise reconhecida na Geografia Física desde o fim da década de 1960, quando Chorley (1969) escreve seu artigo *The drainage basin as the fundamental geomorphic unit*⁴, no qual lançou uma base teórica e metodológica para os trabalhos com esta unidade territorial, principalmente no que diz respeito aos aspectos morfométricos. Sua utilização se difundiu para outros ramos científicos da grande área denominada Ciências Ambientais, sobretudo na década de 1990 e início do século XXI (BOTELHO e SILVA, 2011).

Tal unidade é bastante utilizada em estudos e pesquisas sobre o meio físico-ambiental, sendo proposta por muitos autores. É uma das “*referências espaciais*” (RODRIGUES e ADAMI, 2009) ou “*recortes espaciais básicos*” (IBGE, 2009) mais recorrentes no planejamento ambiental, adotada em vários países como França, Espanha, Países Baixos e Reino Unido (MACHADO e TORRES, 2012).

Várias são as definições referentes à bacia hidrográfica, desde as mais simples encontradas em glossários ou manuais, como apresentado em IBGE (2004, s/p), que a define como uma “[...] *Região compreendida entre divisores de água, na qual toda a água aí precipitada escoar por um único exutório*”. Ou a definição apresentada por Ormond (2006, p. 42), sendo a bacia hidrográfica um “[...] *Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes*”.

Outros autores expõem definições mais abrangentes, como Rodrigues e Adami (2009) que destacam a importância de apresentar a bacia hidrográfica de forma tridimensional,

⁴ “A bacia de drenagem como unidade geomórfica fundamental” (tradução livre).

considerando o subterrâneo no momento de determinar seus limites. Portanto, segundo tais autores, esta unidade espacial seria mais bem definida como:

[...] um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (RODRIGUES e ADAMI, 2009, p. 147).

Existem outras denominações para a bacia hidrográfica, tais como bacia fluvial (GUERRA e GUERRA, 2008) ou bacia de drenagem (TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012).

A bacia hidrográfica também é designada de acordo com as múltiplas dimensões e expressões espaciais, variando de acordo com as pesquisas que a concebe como unidade espacial de análise. Assim, expressões como microbacias, sub-bacias, bacias de ordem zero, minibacias e bacias de cabeceira são também empregadas (BOTELHO e SILVA, 2011; MACHADO e TORRES, 2012). Machado (2012) avaliou várias conceituações para bacia hidrográfica, sub-bacia hidrográfica e microbacia hidrográfica. Tais expressões não necessariamente guardam entre si relações de hierarquia (BOTELHO e SILVA, 2011).

Diante do exposto, na presente pesquisa será utilizada a denominação *Bacia Hidrográfica*, não se preocupando em denominá-la de acordo com a extensão de sua superfície, ou seja, em microbacia, minibacia etc. Tal escolha visa evitar discussões acerca de sua denominação de acordo com seu tamanho, pois isso não é o escopo desta pesquisa.

Nesse trabalho a bacia hidrográfica (Figura 1.1) é entendida como:

[...] uma área geográfica, que compreende todas as nascentes de um rio principal e de seus rios afluentes, juntamente com as áreas ao redor desses rios. Em outras palavras, é uma região sobre a terra, na qual o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo, chamado exutório (KOBAYAMA, MOTA e CORSEUIL, 2008, p. 44).

As bacias hidrográficas podem ser divididas, essencialmente, em dois elementos: os *vales fluviais* e as *encostas*. O corte transversal A-B mostrado na figura 1.1 é detalhado na figura 1.2, na qual mostra as partes componentes do vale fluvial e as encostas adjacentes a este vale.

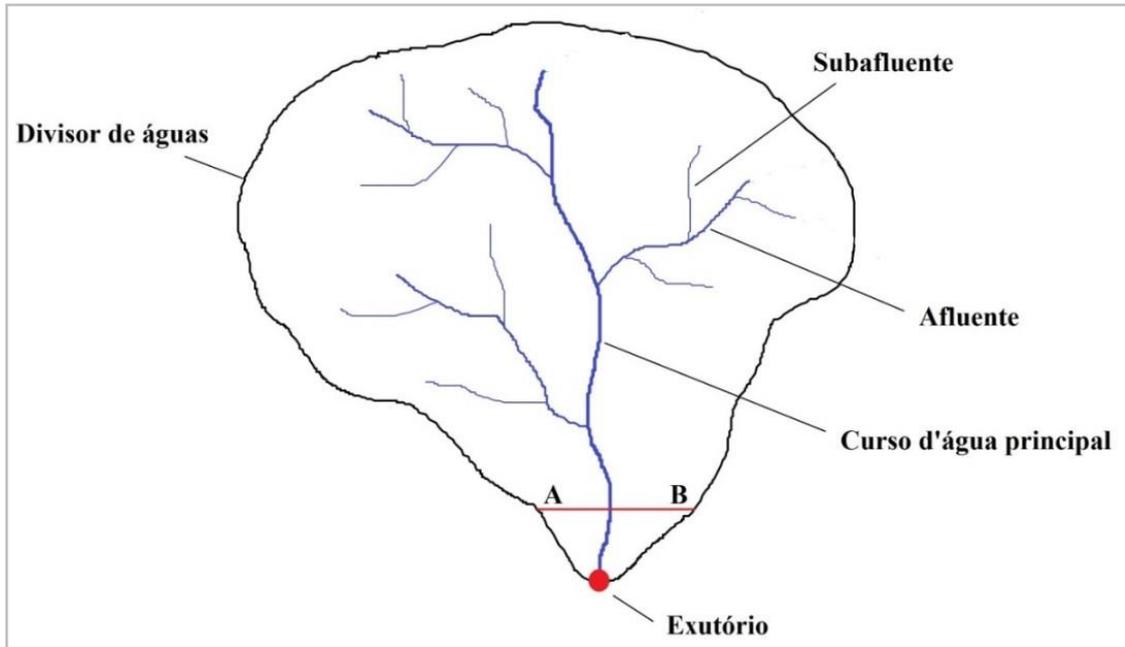


Figura 1.1 – Representação de uma bacia hidrográfica
 Fonte: elaborado pelo autor.

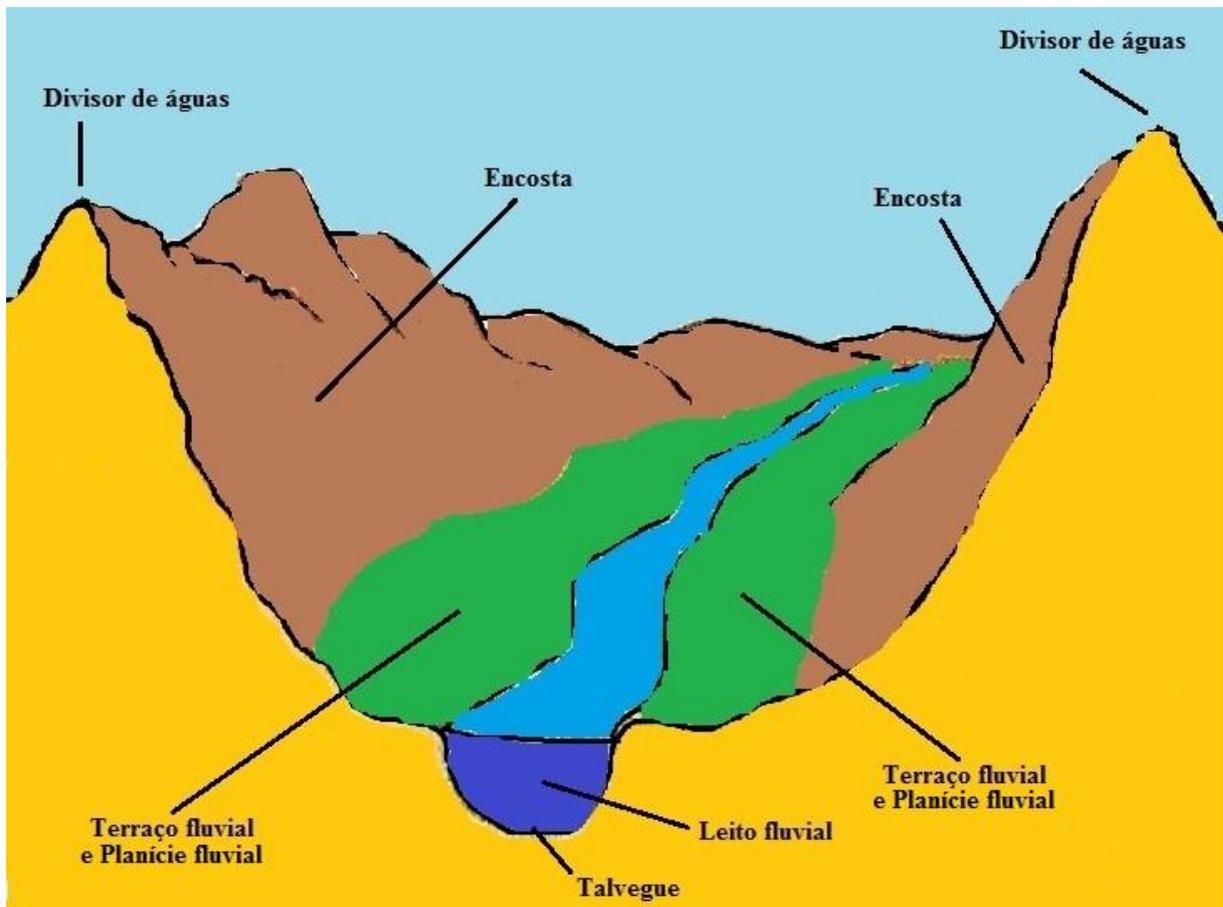


Figura 1.2 – Corte esquemático A-B da figura 1.1, mostrando um dos vales fluviais de uma bacia hidrográfica.
 Fonte: elaborado pelo autor.

Costa e Teuber (2001) dividem o vale fluvial, essencialmente, em três segmentos: *leito menor*, *leito maior* e *planície de inundação*. Dessa forma, segundo estes autores, o *leito menor* comporta a maior parte do escoamento proveniente das chuvas de intensidades mais frequentes sobre a bacia hidrográfica. Com as chuvas intensas e persistentes, dependendo da conformação do curso d'água, das resistências naturais e/ou artificiais ao fluxo e das chuvas antecedentes, é possível ocorrer o extravasamento das águas para o *leito maior*. A persistência das chuvas aliada a outros fatores da natureza ou criados pelo homem pode acarretar o extravasamento para a *planície de inundação*.

Amaral e Ribeiro (2009) possuem interpretação semelhante, caracterizando o fluxo de água no canal fluvial de acordo com sua situação. Ou seja, quando o escoamento está no *leito menor*, caracteriza-se uma *situação normal* da vazão do curso d'água. Quando o escoamento atinge o *leito maior* da calha, pode-se denominar esta situação de *enchente*. Finalmente, quando há o extravasamento das águas para a *planície de inundação*, saindo da calha principal do curso d'água, está caracterizada a situação de *inundação* (Figura 1.3).



Figura 1.3 – Seções de escoamento da calha fluvial.
Fonte: Amaral e Ribeiro (2009, p. 41).

Esta interpretação de Costa e Teuber (2001) e Amaral e Ribeiro (2009) é oportuna para a presente pesquisa. Isso porque na BHCS D a identificação e diferenciação precisa dos *terraços* e dos *leitos maiores* fica comprometida, devido à intensa transformação das características físicas da bacia em virtude do processo de urbanização. Torna-se mais fácil caracterizar as

ocorrências de enchentes e inundações, inclusive utilizando-se os registros da Defesa Civil do município.

Guerra e Guerra (2008, p. 220) definem *encostas* como “[...] *declive nos flancos de um morro, de uma colina ou de uma serra*”. Já Coelho Netto (2012, p. 94) vai além e as define como “[...] *os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos*”.

Christofoletti (1980) denomina o que se entende por *encosta* como *vertente*. Afirma que a *vertente* “[...] *estende-se do interflúvio ao canal fluvial e apresenta a superfície topográfica como limite superior e a superfície rochosa inalterada como limite inferior*” (p. 58).

Na presente pesquisa será utilizado o termo *encosta*, como proposto por Coelho Netto (2012) e Guerra e Cunha (2000).

Tanto Christofoletti (1980) quanto Coelho Netto (2012) entendem que a *encosta* deve ser estudada na perspectiva dos sistemas abertos, ou seja, um sistema que recebe matéria e energia de outro sistema, mas que também perde para outro. Apesar da forma diferente de escrever, os dois autores dão o mesmo entendimento para o estudo desta componente:

As fontes primárias de matéria são a precipitação, a rocha subjacente e a vegetação, enquanto as fontes originais de energia são constituídas pela gravidade e radiação solar. Os vários processos que se verificam na vertente fazem com que haja o fluxo de matéria e energia através do sistema, que acaba sendo transferido para o sistema fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 59).

Entre os topos e os fundos de vales transitam sedimentos e diversos elementos detríticos ou solúveis, por meio de mecanismos associados às águas ou aos ventos, ou aos gelos, em interação com as forças gravitacionais. Os fundos de vales coletores podem, então, transferir estes materiais transportados das encostas para jusante, e, por meio de fluxos concentrados em canais, interconectar-se com outros sistemas coletores ou de drenagem (COELHO NETTO, 2012, p. 94).

Christofoletti (1980) se preocupa em destacar a *encosta* como uma das partes integrantes da bacia hidrográfica, com aquela não podendo ser descrita de forma integral sem que se façam considerações acerca de suas relações com a rede hidrográfica. Este autor avalia que “[...] *É impossível considerar as vertentes e os rios como entidades separadas porque, como membros de um sistema aberto que é a bacia de drenagem, estão continuamente em interação*” (p. 60).

Guerra e Cunha (2000, p. 361) têm a mesma interpretação quando expõem que “[...] a *dinâmica inter-relação que existe entre as encostas e os vales fluviais, incluindo a calha do rio, permite constantes trocas de causa e efeito entre esses elementos da bacia hidrográfica*”.

Cassetti (1995) interpreta que existe uma relação de interdependência entre a *encosta* e o *vale fluvial*. Dessa forma, o próprio aponta que:

[...] ao mesmo tempo em que a vertente evolui em função da disposição do talvegue (nível de base para a intensificação dos processos morfogênicos), esta, em decorrência das derivações apresentadas, implica diretamente o comportamento do canal (p. 72).

Assim, as mudanças de uso da terra nas encostas podem promover alterações na dinâmica fluvial. Por exemplo, o desmatamento ou o crescimento da área urbana nas encostas reduz a capacidade de infiltração, aumenta o escoamento superficial, promove a erosão nas encostas e fornece maior volume de sedimentos para a calha fluvial, o que pode resultar no assoreamento do leito, além de enchentes e inundações na planície de inundação. Assim como as alterações no comportamento natural dos canais fluviais influenciam nos processos que ocorrem nas encostas. Por exemplo, uma obra de acentuado entalhe e aprofundamento dos leitos, para reduzir a ocorrência de inundações, pode alterar o nível de base local, promovendo a retomada de processos erosivos nas encostas e a consequente formação de ravinas e voçorocas (GUERRA e CUNHA, 2000).

Não é por acaso que Botelho e Silva (2011) apontam que a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita quando se concebe a bacia hidrográfica como uma unidade espacial de análise. “*Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem*” (p. 153).

Cassetti (1995) fornece exemplos parecidos com os de Guerra e Cunha (2000), consubstanciando sua interpretação sobre a interdependência entre a encosta e o curso d’água, explicitando o caráter sistêmico e integrado que está envolvido quando se estuda uma bacia hidrográfica, conforme apontam Botelho e Silva (2011).

Por exemplo, a encosta se encontrando revestida por cobertura vegetal e o curso d’água, ao longo de seu trajeto, estando envolvido pela mata de galeria ou ciliar, o processo de infiltração (componente perpendicular) tende a prevalecer, o que por sua vez favorece o processo de

pedogenização (aumento gradativo do manto intemperizado). Dessa forma, o lençol freático tende a armazenar grande potencial hídrico, que por efluência, abastecerá o curso d'água, evidenciando-se uma variação regular da descarga ou vazão da água (CASSETI, 1995).

Porém, continua Casseti (1995), quando a encosta começa a ser ocupada, processo iniciado pela retirada da cobertura vegetal, as relações processuais morfodinâmicas se alteram. Os solos sofrem a influência direta dos raios solares e dos efeitos pluvioerosivos, além de permitir aumento da velocidade dos ventos, o que favorece a dessoloagem. Assim, há um aumento do fluxo por terra (escoamento ou componente paralelo) e conseqüente redução da infiltração. Conseqüentemente, o comportamento da descarga começa a ser alterado, promovendo o início da torrencialidade da vazão, que antes era controlado pelo lençol freático, além de trazer consigo material proveniente da encosta, resultante do processo erosivo.

Botelho e Silva (2011) destacam que após a água atingir o solo, há praticamente dois caminhos possíveis a serem seguidos: a infiltração e o escoamento superficial. Além disso, há uma parcela de água que fica retida na superfície do solo e retorna para a atmosfera por evaporação.

O processo de infiltração é importante, pois propicia maior manutenção ou permanência da água na bacia hidrográfica. No entanto, a retirada da cobertura vegetal impede que a água da chuva sirva de suprimento para os vegetais, abasteça o lençol freático, recarregue os aquíferos e abasteça os cursos d'água. Ao mesmo tempo em que há a diminuição do processo de infiltração, há o aumento do escoamento superficial, que aumentará significativamente o volume de água nos rios durante os eventos chuvosos. Além disso, a água também será responsável por perdas de solos por erosão (BOTELHO e SILVA, 2011). Assim, segundo estes autores, a degradação das encostas promove conseqüências sérias também para os cursos d'água, na medida em que o maior volume de sedimentos transportados pela chuva causa assoreamento nos canais fluviais e contribui para reduzir a vida útil dos reservatórios.

O processo de infiltração da água se torna ainda mais complicado em áreas urbanas. Nestas, como aponta Botelho (2011), a diversidade de caminhos que a água pode seguir fica reduzida ao escoamento e à infiltração, com prevalência do primeiro processo. Isso ocorre devido à quase total ausência de cobertura vegetal e à adição de novos elementos pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação dos cursos d'água, entre outros. Isso favorece a redução da infiltração e o aumento do escoamento da água, que atinge seu exutório

de forma mais rápida e concentrada, gerando o aumento da magnitude e da frequência de inundações.

Dessa forma, as bacias hidrográficas urbanas são marcadas pela diminuição do tempo de concentração de suas águas e pelo aumento dos picos de cheias, quando comparadas às condições anteriores à urbanização. Além das águas provenientes diretamente das chuvas, somam-se as águas servidas, de uso doméstico, comercial e industrial que muitas vezes são conduzidas juntamente com as águas pluviais, não havendo sistema de recolhimento e escoamento individualizados (BOTELHO, 2011).

Em bacias hidrográficas, nas quais suas áreas estão praticamente impermeabilizadas, há um efeito benéfico em relação à erosão, pois o grau de pavimentação se aproxima dos 100% e já não haverá solo exposto para a atuação dos processos erosivos. Mas este fato pode ser prejudicial em relação à ocorrência de inundações, pois aumenta significativamente o volume de água do escoamento superficial e reduz o tempo de permanência da água na bacia (BOTELHO e SILVA, 2011).

Goudie (1989 e 1990 *apud* GUERRA e MENDONÇA, 2011) menciona que os índices mais elevados de erosão ocorrem durante a fase de construção de uma cidade, quando há grande quantidade de solo exposto, além de muita perturbação do terreno, devido à movimentação de máquinas e escavações. As taxas erosivas de uma área ou cidade em construção são bem maiores em relação a uma área totalmente urbanizada e impermeabilizada: “[...] *as taxas erosivas, nas áreas recém-desmatadas para a construção de cidades, podem ser maiores em apenas um ano do que as taxas erosivas referentes a décadas nos solos agrícolas*” (GOUDIE, 1990 *apud* GUERRA e MENDONÇA, 2011, p. 35).

A abertura de ruas, estradas, edificações e outras obras urbanas, disponibilizam materiais a serem erodidos e carreados para os fundos de vale e canais fluviais. Na ausência de uma vegetação ribeirinha (por exemplo, mata de galeria), fato comum em áreas urbanas, os sedimentos carreados são depositados nos cursos d’águas gerando assoreamento, o que aumenta o risco de inundações em função da diminuição da seção transversal do canal e a consequente redução do volume de água circulante (BOTELHO e SILVA, 2011).

Interpretação semelhante é feita por Casseti (1995) quando faz a relação entre a encosta e o curso d’água em uma área em processo de urbanização. Segundo este autor, devido à impermeabilização da superfície, o escoamento superficial se agrava, impedindo o

abastecimento do lençol freático. De tal modo, a descarga fluvial é controlada quase que exclusivamente pelo escoamento superficial, seja na superfície ou nos esgotos pluviais. As superfícies que ainda não foram impermeabilizadas e se encontram desprovidas de cobertura vegetal contribuem com uma carga elevada de material, que tende a ser transportado e acumulado ao longo do curso d'água, sobretudo nos que possuem baixo gradiente, gerando o processo denominado de assoreamento.

A retirada da cobertura vegetal, a exposição dos solos e a impermeabilização dos mesmos, alteram o sistema hidrológico da encosta e conseqüentemente o curso d'água. O canal fluvial se encontra ajustado aos processos evidenciados nas encostas, mas com as alterações destas, tem-se uma ação direta dos processos morfodinâmicos, que aumentam o escoamento superficial e, por conseguinte, os sedimentos que se direcionam para o canal que não se encontra ajustado às transformações ocorridas nas encostas, causando problemas como os assoreamentos (CASSETI, 1995).

Com o exposto até momento, percebe-se que modificações realizadas nas encostas podem trazer conseqüências nos cursos d'águas e vice-versa, devido à interdependência entre estas duas componentes. Além dessa relação de interdependência há outras situações que demonstram que a bacia hidrográfica pode ser estudada de forma sistêmica. Por exemplo, situações que ocorrem à montante de uma bacia podem ocasionar implicações à jusante da mesma, ou, ocorrências que acontecem em um afluente podem ter efeitos no próprio rio principal. Segundo Coelho Netto (2012, p. 99-100):

[...] alterações significativas na composição ambiental de uma certa porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas a jusante. Significa, portanto, que os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos se vão refletir num determinado ponto de saída de uma bacia de drenagem, podendo propagar-se a jusante por meio de bacias de drenagem adjacentes.

Silva *et al.* (2011, p. 1) concordam com esse caráter sistêmico dessa unidade espacial quando afirmam que:

A bacia hidrográfica, nas últimas décadas, tem sido utilizada como unidade de estudo e planejamento, em especial devido à facilidade de interação da paisagem visível do meio biofísico, que engloba os subsistemas natural e construído, com os agentes sócio-organizacionais, subsistemas socioeconômicos e produtivo, que modelam a paisagem ao longo do tempo histórico e nelas deixam suas marcas.

Portanto, segundo tais autores, as modificações nas bacias podem advir tanto das dinâmicas naturais do ambiente quanto das ações humanas, o que evidencia o caráter sistêmico nos estudos sobre a bacia hidrográfica.

1.2. Erosão

Segundo o IBGE (2009), a erosão é uma das mais importantes formas de alterações ambientais que envolvem trocas de matéria e energia. Os processos erosivos estão diretamente envolvidos na formação e transformação do relevo, sendo decorrentes da ação de agentes externos, como a água das chuvas, dos rios e mares, além dos ventos, gelos e organismos (WEILL e PIRES NETO, 2007).

Ormond (2006, p. 115) ao expor o conceito de erosão, afirma que é o “[...] *desgaste progressivo do solo provocado pelo arraste de partículas de tamanho variável que o compõe, normalmente provocado pela ação da água, do vento, do homem ou dos animais*”. Assim, o fenômeno da erosão envolve um conjunto de agentes dinâmicos que atuam de maneira combinada, resultando em processos de transformações da superfície terrestre. Tais processos incluem intemperismo, transporte, ações mecânicas e químicas da água e de outros agentes erosivos, os quais são responsáveis pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo (IBGE, 2009).

Neste processo de modelagem do relevo, os agentes dinâmicos atuam removendo partículas de materiais de lugares mais elevados, transportando-as para locais mais baixos, depositando-os, muitas vezes, em ambientes como as calhas dos rios, lagos e oceanos. Os processos erosivos são contínuos, condicionando o aplainamento de certas regiões e fornecendo detritos para a formação de rochas sedimentares, tudo isso podendo demorar milhões de anos (WEILL e PIRES NETO, 2007).

Guerra e Guerra (2008, p. 229) possuem uma interpretação semelhante, ao afirmarem que a erosão é a “[...] *destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões. A uma fase de erosão corresponde, de modo simultâneo, uma fase de sedimentação*”.

Weill e Pires Neto (2007, p. 40) a definem como,

[...] processo pelo qual há remoção de uma massa de solo de um local e sua deposição em outros locais, como resultado da ação de forças exógenas. A força motriz do processo é a energia cinética dos agentes erosivos. Com a diminuição progressiva da energia cinética do agente erosivo, dá-se a deposição do material erodido.

Riser (1995) aponta os agentes erosivos mecânicos mais comuns, como os provocados pelo frio (gelo, neve e glaciares) e pelas ações do vento e mar. Porém, este autor afirma que o mais conhecido é o provocado pelo escoamento superficial da água.

Neste contexto, o presente subcapítulo se ateve a definir e explicar os processos erosivos causados pela a ação mecânica do escoamento superficial da água da chuva. A exclusão dos demais agentes erosivos não foi devido à sua falta de importância, mas, porque esta pesquisa avalia de forma qualitativa a erosão causada pela água da precipitação dentro da bacia hidrográfica pesquisada. Há, também, a erosão em subsuperfície, que não será destacada nessa revisão, pois na bacia em estudo não serão avaliados tais processos, visto que os causados pelo escoamento superficial são mais significativos. Não se trata de ignorar ou relativizar a importância das erosões em subsuperfície, mas sim dar ênfase, nesta pesquisa, aos processos em superfície.

1.2.1. *Escoamento superficial e erosão pluvial*

As regiões tropicais, caracterizadas em geral por chuvas abundantes e elevadas temperaturas, favorecem o desenvolvimento de um profundo intemperismo químico que conduz à formação de espessos regolitos, geradores de grande quantidade de material disponível para as fases posteriores de transporte e deposição (IBGE, 2009).

O processo de desgaste deste material, seu transporte e deposição, pelo escoamento superficial da água proveniente da chuva, é denominado de *erosão hídrica*, *erosão pluvial* ou *pluvierosão*. Segundo Ormond (2006, p. 115), a *erosão hídrica* é o “[...] *desgaste do solo provocado pelo arraste progressivo de partículas de tamanho variável ao que o compõe, normalmente provocada pela ação do escoamento das águas superficiais*”. Guerra e Guerra (2008, p. 235) definem a *erosão pluvial* ou *pluvierosão* como “[...] *Trabalho executado pelas águas das chuvas na superfície do relevo. Compreende três fases: 1) pluvierosão; 2) deplúvio;*

3) *aplúvio*. A ação das chuvas será tanto mais importante quanto maior for a quantidade caída no espaço mínimo de tempo”.

Após a fase destruidora, ou seja, quando ocorre a desagregação mecânica, segue a fase de transporte (deplúvio), e, finalmente, a deposição (aplúvio) (GUERRA e GUERRA, 2008).

De uma forma simplista e linear é possível distinguir os seguintes processos que ocorrem a partir da precipitação pluvial e o conseqüente processo erosivo: a erosão por salpicamento (*splash*), a formação de crostas, a infiltração e o *runoff* (CHRISTOFOLETTI, 1980; WEILL e PIRES NETO, 2007; IBGE, 2009; GUERRA, 2012; TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012; GUERRA, 2014).

Guerra (2014) explana que o início do processo erosivo engloba os processos citados, ou seja, desde o momento em que as gotas de chuvas começam a atingir o solo e provocar a ruptura dos agregados, através da ação do *splash*, até causar a selagem do solo, dificultando a infiltração, promovendo o escoamento difuso, que posteriormente se concentra, tendendo a formar as ravinas e voçorocas.

O *splash* ou *erosão por salpicamento* é o estágio inicial do processo erosivo. Guerra e Guerra (2008, p. 236) apontam que a *erosão por salpicamento* é causada devido “[...] ao bombardeio feito pelas gotas de água das chuvas nos solos”. Este processo prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial (GUERRA, 2014).

Essa preparação ocorre pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas de solo (TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012; GUERRA, 2014). Christofolletti (1980) também afirma que o primeiro impacto erosivo nos solos é causado pela ação mecânica das gotas de chuvas, que promove o arrancamento e deslocamento das partículas terrosas (Figura 1.4).



Figura 1.4 – Esquema da desagregação mecânica do solo pelo impacto da gota de chuva.

Fonte: Weill e Pires Neto (2007, p. 45).

O impacto das gotas de chuva provoca a movimentação das partículas de forma inconstante, sendo que as mesmas ora podem ser atiradas a jusante, ora a montante, conforme a posição frente ao impacto da gota que a atinge. O salpicamento ocorre tanto para baixo como para cima em uma encosta inclinada, mas quase sempre as partículas dirigidas a jusante atingem uma maior distância do que as dirigidas a montante. Se o salpicamento for constantemente retomado, a tendência é que as partículas transportadas sofram um deslocamento do topo para o sopé das vertentes. Isso mostra a importância de se considerar o relevo no estudo da *erosão por salpicamento* (CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA, 2012; GUERRA, 2014).

A ruptura dos agregados, a partir do efeito do *splash*, pode ser considerada um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos, pois é a partir dessa ruptura que outros processos se desencadeiam no topo do solo, desestabilizando-o e dando início ao processo erosivo (GUERRA, 2014). A evolução da ruptura dos agregados se inicia com o impacto das gotas de chuvas, e vencendo a resistência interna dos agregados, a tendência é que os mesmos se rompam, formando partículas pequenas que poderão preencher os poros existentes no topo do solo, diminuindo não só a porosidade e aumentando a densidade aparente, mas também dando início ao processo de formação de crostas na superfície do terreno, que dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial (WEILL e PIRES NETO, 2007; GUERRA, 2014).

Com o processo de rompimento dos agregados no topo do solo, vai ocorrendo a formação de crostas, que eventualmente provocarão a selagem do solo. A partir do momento que as crostas se formam, a superfície do terreno fica selada, dificultando a infiltração da água das chuvas (WEILL e PIRES NETO, 2007; GUERRA, 2014).

Concomitante aos processos de rompimento dos agregados e da selagem do solo há também a infiltração da água da chuva. Esta se infiltra por força de gravidade e capilaridade, e cada partícula do solo é envolvida por uma fina camada de água. Durante a chuva, os espaços entre as partículas são preenchidos por água, decrescendo as forças capilares. Assim, as taxas de infiltração são maiores no início do evento chuvoso e diminuem até atingir o nível máximo que o solo pode absorver (WEILL e PIRES NETO, 2007; COELHO NETTO, 2012; GUERRA, 2012).

Uma vez saturado o solo, se a intensidade da precipitação é superior à capacidade de infiltração de água, começam a formar poças na superfície, preenchendo as irregularidades do terreno (WEILL e PIRES NETO, 2007; COELHO NETTO, 2012). Além disso, a selagem do

solo contribui para a redução da infiltração, o que pode favorecer a formação das poças (GUERRA, 2014).

A formação das poças na superfície é o estágio que antecede o escoamento superficial, ocupando as irregularidades do solo. Uma vez preenchidas estas irregularidades, as poças podem se ligar umas às outras, dando início ao escoamento superficial (WEILL e PIRES NETO, 2007; TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012, GUERRA, 2014). A água que se acumula nas poças começa a descer pela encosta quando o solo está saturado e as poças não conseguem conter mais água (TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012, GUERRA, 2014).

O escoamento superficial é um fluxo que se escoia sobre o solo, apresentando-se, quase sempre, como uma massa de água com pequenos cursos anastomosados de profundidade uniforme e, raramente, na forma de um lençol de água. Tal fluxo possui vários obstáculos para transpor, desde fragmentos de rochas até coberturas vegetais, os quais diminuem sua energia. A interação entre o fluxo de água e as gotas de chuva que caem sobre este fluxo pode aumentar mais sua energia (GUERRA, 2012).

Horton (1933; 1945 *apud* COELHO NETTO, 2012; GUERRA, 2012) explica que o escoamento superficial recobre dois terços ou mais das encostas de uma bacia hidrográfica nos momentos de pico de um evento chuvoso. Além disso, este autor segmenta a encosta em relação ao fluxo do escoamento superficial da seguinte maneira: 1) o topo da encosta é uma zona com pouco fluxo, formando uma área sem erosão, pois o escoamento não tem competência erosiva; 2) a uma distância do topo, à jusante, ocorre um acúmulo suficiente de água, onde o fluxo começa e onde há um aumento do gradiente topográfico, definindo uma zona de transporte; 3) mais abaixo, na base da encosta, há uma redução do gradiente topográfico, o que pode levar à redução da erosão ou, mesmo, à deposição dos sedimentos em transporte nas encostas.

Com o tempo, as encostas que sofrem erosão tendem a se tornar mais arenosas, enquanto o sopé das mesmas se tornam mais siltoso e argiloso (ALBERTS *et al.*, 1980 *apud* GUERRA, 2012). Weill e Pires Neto (2007) também destacam o papel do escoamento superficial no transporte de sedimentos. Segundo estes autores, as partículas mais finas, em especial a argila, são as mais transportadas, resultado do fato de que a energia associada a este fenômeno normalmente é suficiente apenas para carregar as partículas mais leves do solo, que se mantêm suspensas e propícias ao deslocamento. Isso mostra a importância da cobertura vegetal como

fator controlador do escoamento superficial, diminuindo sua energia, além de prover matéria orgânica ao solo, o que oferece maior resistência à ruptura dos agregados.

No princípio o fluxo do escoamento superficial é difuso, ou seja, um escoamento em lençol. Este processo é também chamado de fluxo laminar, provocando a *erosão em lençol* ou *laminar*. A força de cisalhamento imposta por este fluxo ainda não é suficiente para transportar partículas, mas, à medida que esse fluxo aumenta e acelera, encosta abaixo, ocorre o cisalhamento das partículas do solo, finalmente iniciando a erosão a partir de uma distância crítica do topo da encosta (HORTON, 1945 *apud* TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012, GUERRA, 2014). Esse tipo de erosão é o mais comum e onipresente nas encostas, consistindo na contínua remoção de camadas de solo (TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012, GUERRA, 2014).

A *erosão em lençol* ou *laminar* também pode ser denominada de *erosão entressulcos* ou *areolar* (WEILL e PIRES NETO, 2007, p. 45). Segundo o IBGE (2009), a *erosão laminar* depende da ação da chuva e do escoamento superficial difuso. Este escoamento difuso se caracteriza por ser disperso, não se concentrando em canais. Ou seja, é um “[...] *tipo de erosão que promove uma remoção mais ou menos uniforme do solo de uma região, sem que ocorra o aparecimento de sulcos na superfície*” (IBGE, 2004, s/p), ou, segundo Santoro (2009, p. 56), “[...] *acontece quando a água escoar uniformemente pela superfície do terreno, transportando as partículas de solo, sem formar canais definidos*”.

Quanto maior a turbulência e a velocidade do fluxo de água na encosta, maior será a capacidade erosiva gerada. Além disso, a interação entre o *splash* causado pelas gotas de chuva com o escoamento em lençol pode provocar mais erosão do que cada processo atuando isoladamente. Isso ocorre porque as partículas de solo são colocadas em suspensão pelo *splash*, sendo mais facilmente transportadas pelo escoamento (GUERRA, 2012). Essa interpretação vai de encontro ao conceito de *erosão laminar* preconizado por Coringa (2012, p. 189), a qual explica que esse,

[...] tipo de erosão causada pela ação do fluxo da água que carrega pequenas partículas de solo em suspensão, que, juntamente com o turbilhonamento das águas, causa a remoção progressiva e uniforme da superfície do solo, de modo quase imperceptível.

O *splash* também causa maior turbulência ao fluxo de água, na medida em que as gotas de chuvas se chocam no escoamento, proporcionando maior capacidade erosiva ao mesmo (GUERRA, 2012).

Christofoletti (1980) aponta que a primeira fase da morfogênese pluvial seria realizada pelos impactos das gotas de chuvas, mas o processo mais importante é o escoamento superficial (que o mesmo denomina de escoamento pluvial). Sua interpretação é semelhante à de Guerra (2012), quando aponta que o escoamento superficial afeta as partículas deslocadas pelo impacto direto das gotas de chuvas. Assim, tais partículas são erodidas pelo escoamento, através do solapamento de suas margens. A velocidade das águas e a rugosidade da superfície ocasionam a turbulência, colocando em suspensão as partículas mais finas, com esses sedimentos sendo transportados até os cursos d'águas ou até cessar o escoamento, provocando suas deposições.

Christofoletti (1980, p. 30) nomeia esse fluxo de água de *escoamento pluvial difuso*, quando as águas escorrem sem hierarquia e fixação dos leitos, anastomosando-se constantemente.

Mas à medida que os filetes de água vão se engrossando enquanto descem a encosta, se concentrando, ganhando maior competência erosiva e fixando o leito, deixando, assim, maiores marcas na superfície, este fluxo passa a ser denominado de *escoamento concentrado* ou *enxurrada* (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 30).

Guerra (2014) assinala que este é o estágio seguinte ao escoamento em lençol. Denominando-o de fluxo linear, é neste que começa a ocorrer a concentração do fluxo de água. Durante este processo é possível ocorrer pequenas incisões no solo. A concentração de sedimentos no interior do fluxo linear causa um forte atrito entre tais partículas e o fundo das pequenas incisões, causando mais erosão nesses canais que estão começando a se formar, transformando-os em microrravinas.

Nesta fase, a maior parte da água que escoar em superfície se concentra em canais bem definidos, embora sejam ainda bem pequenos. A turbulência do fluxo de água aumenta consideravelmente nesse estágio, pois já encontra o fundo das ravinas que estão se formando, com algumas rugosidades advindas do fluxo linear (TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012; GUERRA, 2014).

Alguns autores denominam essa maior competência erosiva advinda do fluxo linear de *erosão linear* (SANTORO, 2009, p. 56), *erosão de ravinamento* (GUERRA e GUERRA, 2008,

p. 231) ou *erosão em sulcos* (IBGE, 2004, s/p; WEILL e PIRES NETO, 2007, p. 46; CORINGA, 2012, p. 189).

Segundo Santoro (2009, p. 56), a *erosão linear* “[...] é aquela causada pela concentração do escoamento superficial e de fluxos d’água em forma de filetes”. Já para Guerra e Guerra (2008, p. 231), a *erosão por ravinamento* é o “[...] escavamento produzido pelo lençol de escoamento superficial ao sofrer certas concentrações”.

Definições muito parecidas foram estabelecidas para a denominada *erosão em sulcos*, tanto por IBGE (2004, s/p), por Weill e Pires Neto (2007, p. 46), quanto por Coringa (2012, p 189). Para o primeiro, este tipo de erosão “[...] ocorre nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões no terreno [...]”. Para os segundos, “[...] é o processo de destacamento e transporte do solo devido à ação da enxurrada ou do escoamento superficial concentrado (*runoff*)”. Para a terceira, esse tipo de erosão ocorre nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial,

[...] resultando em pequenos sulcos no terreno, formando um canal de escoamento pelo aumento da velocidade e turbulência na encosta, que, com a evolução do processo, podem se transformar em voçorocas. Esse tipo de erosão é dominante em terrenos nus recentemente plantados ou em pousio.

As microrravinas mencionadas por Guerra (2014) também são denominadas de sulcos. Santoro (2009), por exemplo, menciona que um sulco é consequência de um fluxo de água que atinge maior volume e transporta maior quantidade de partículas de forma concentrada, sendo um tipo de erosão linear. Assim, um sulco é uma incisão no terreno de até 0,5 m de profundidade e perpendicular às curvas de nível.

Mas estes sulcos podem evoluir por aprofundamento, formando as ravinas. Assim, estas são formadas com a continuidade do processo através do fluxo concentrado de água e da erosão linear. Com o tempo, as microrravinas ou os sulcos começam a formar cabeceiras, e à medida que estas recuam em direção às partes mais altas das encostas, o canal se torna mais largo e mais profundo, tendo, assim, condições de transportar os sedimentos que chegam das encostas (WEILL e PIRES NETO, 2007; SANTORO, 2009; TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012; GUERRA, 2014).

Através do escoamento superficial concentrado (*runoff*), há maior concentração e transporte de sedimentos, favorecendo a formação de ravinas. Estas, uma vez estabelecidas nas

encostas, tendem a evoluir através de bifurcações em pontos de ruptura (GUERRA, 2014). Assim, já se consideram ravinas, segundo Santoro (2009), as formas erosivas lineares com profundidade maior que 0,5 m, com as águas do escoamento superficial escavando o solo até seus horizontes inferiores. As ravinas possuem forma retilínea, alongada e estreita.

1.2.2. *Condicionantes naturais da erosão pluvial*

Conforme Weill e Pires Neto (2007), IBGE (2009), Santoro (2009), Coringa (2012), Guerra (2012) e Salomão (1999), existem certos fatores principais, condicionantes e/ou controladores da erosão causada pelo escoamento superficial da água. Estes condicionantes são:

1.2.2.1. Erosividade da chuva

Christofolletti (1980) e Guerra (2012; 2014) apontam que a energia cinética das gotas de chuvas, variável de acordo com o tamanho e velocidade das mesmas, é uma das responsáveis pela ruptura dos agregados. Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou menor facilidade, essa ruptura. Essa potencialidade da chuva causar erosão é denominada de *erosividade da chuva*. A intensidade da chuva é o fator mais importante a ser considerado para descobrir sua erosividade, sendo os registros de chuvas totais, médias mensais ou anuais poucos significativos em relação à avaliação da erosão (IBGE, 2009). Assim, a energia cinética da chuva está relacionada com sua intensidade, pois é a energia do número total de gotas de um evento chuvoso (GUERRA, 2012).

1.2.2.2. Erodibilidade do solo

Outro fator essencial a ser considerado na erosão pluvial é a *erodibilidade do solo*. Esta vai depender do tipo e da propriedade do mesmo. A erodibilidade é a resistência do solo tanto à remoção como ao transporte (IBGE, 2009), ou, segundo Guerra e Guerra (2008, p. 229) é “[...] *a suscetibilidade que os solos tem de ser erodidos*”.

As propriedades dos solos influenciam na maior ou menor erodibilidade, facilitando ou dificultando a ação da energia cinética das águas das chuvas e do escoamento superficial. Dentre as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade, Guerra (2012, p. 155) destaca:

textura (teor de areia, silte e argila), densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e o pH.

Outros fatores importantes a serem considerados na erodibilidade são as relações de infiltração, drenagem e retenção de água no solo. Tais relações condicionam a erosão pluvial na medida em que determina o volume de água que permanecerá na superfície, suscetível de sofrer escoamento superficial e de causar erosão. Neste caso, a umidade anterior do solo é um fator importante nas relações de infiltração-deflúvio. A espessura também interfere na erodibilidade, pois solos mais rasos se tornam rapidamente saturados de água, o que favorece a ocorrência de enxurradas e, portanto, de uma ação mais intensa do escoamento superficial (WEILL e PIRES NETO, 2007).

Assim, a *erodibilidade do solo* indica o potencial ou o grau de facilidade com que um determinado solo pode ser erodido, sendo uma característica intrínseca do solo. Solos mais arenosos, em geral, são mais facilmente erodidos que os argilosos. O conjunto das características dos solos, que em grande parte depende da rocha de origem e de sua evolução ao longo do tempo, sob a ação do clima e das formações vegetais, influenciam na fragilidade dos terrenos em relação à erosão (SANTORO, 2009). No entanto, Guerra (2012) destaca que a *erodibilidade do solo* não é estática, podendo variar ao longo do tempo. Dessa forma, quando avaliada em alguns estudos, é preciso relacioná-la a um determinado período de tempo, pois pode haver evolução, transformando os solos mais ou menos suscetíveis à erosão.

1.2.2.3. Características do relevo

Os fatores associados ao relevo que influenciam nos processos erosivos são, principalmente, os relativos à declividade, às formas e à extensão das encostas (WEILL e PIRES NETO, 2007; IBGE, 2009; SANTORO, 2009, GUERRA, 2012).

O aumento da declividade de uma encosta provoca como consequência, o aumento do escoamento superficial. Assim, cresce a capacidade erosiva do escoamento, passando a retirar e transportar do solo partículas e materiais mais grosseiros que a argila e o silte (SANTORO, 2009; CORINGA, 2012).

Quanto maior a extensão percorrida pelo fluxo de água, maior será o acréscimo no volume da mesma, bem como ocorrerá um aumento progressivo na velocidade do escoamento. Esse

processo depende da extensão da encosta ou comprimento de rampa. Quanto maior o comprimento, maior será o volume do escoamento, que por sua vez provocará um aumento na energia cinética, resultando em maior erosão (WEILL e PIRES NETO, 2007; SANTORO, 2009; CORINGA, 2012).

Em relação às formas das encostas, as que possuem formato côncavo tendem a concentrar o escoamento superficial, ou seja, são encostas coletoras de água, onde normalmente a jusante se localiza as vertentes dos cursos d'águas (IBGE, 2009). Porém, por concentrarem o fluxo de água, são mais estreitamente relacionadas à formação de voçorocas (SANTORO, 2009). Já as encostas convexas são as distribuidoras de água, ou seja, espalham o escoamento superficial lateralmente encosta abaixo, tendendo estes setores serem mais secos que as concavidades (IBGE, 2009).

1.2.2.4. Cobertura Vegetal

A vegetação é um fator importante na amenização do impacto das gotas de chuvas sobre o solo. Dessa forma, a cobertura vegetal é um importante controlador do processo erosivo. Sua influência se observa na atenuação da energia cinética da chuva sobre a superfície do solo, amenizando o efeito do *splash*, além do fornecimento de matéria orgânica para o solo, que favorece o aumento do teor de estabilidade dos agregados, importante na redução do salpicamento das partículas pelo impacto das gotas de chuvas (WEILL e PIRES NETO, 2007; IBGE, 2009; SANTORO, 2009; COELHO NETTO, 2012; GUERRA, 2014).

As gotas de chuvas ao caírem sobre a cobertura vegetal são interceptadas pelas folhas, o que as divide em diversas gotas menores, diminuindo seu impacto ao se chocar com o solo. A vegetação também facilita a evaporação das gotas, antes destas chegaram à superfície. Além de facilitarem a evaporação, também absorvem a água da chuva, saturando menos o solo. Outro benefício é a dispersão e quebra da energia do escoamento, devido ao atrito na superfície (SANTORO, 2009; CORINGA, 2012).

1.2.3. *Condicionantes antrópicos da erosão pluvial*

A ação do homem interfere na dinâmica natural dos sistemas ambientais, normalmente acelerando os processos de mudanças das condições naturais. A degradação acelerada das terras

é indício de usos e manejos inadequados que comprometem a manutenção da boa qualidade do solo, bem como seu potencial de usos futuros. A erosão acelerada do solo provoca a perda de materiais, em especial de nutrientes e materiais orgânicos, comprometendo sua estrutura e levando a degradação do mesmo (SANTORO, 2009).

Entende-se por *erosão acelerada* como um tipo de erosão “[...] *Realizada na superfície terrestre pela intervenção humana e seres vivos, em geral, ocasionando um desequilíbrio ambiental*” (GUERRA e GUERRA, 2008, p. 230). É também denominada de *erosão antrópica* ou *erosão antropogênica*, sendo estas definidas como o “[...] *Desenvolvimento de processos que transformam a paisagem natural, após a realização de um trabalho feito pelo homem*” (GUERRA e GUERRA, 2008, p. 230). Coringa (2012, p. 187) confirma que a *erosão acelerada* ocorre “[...] *quando o processo erosivo natural é intensificado pelo homem por meio das atividades agrícolas, construção de estradas e barragens, obras civis*”.

De acordo com Weill e Pires Neto (2007), os principais fatores que atuam na aceleração do processo erosivo em áreas agrícolas são, entre outros, a retirada da vegetação natural para uso agropecuário, o manejo inadequado de solos produtivos, o uso intensivo das terras com alta suscetibilidade à erosão e, sobretudo, a falta de planejamento do uso e ocupação da terra.

Nas áreas urbanas, segundo Santoro (2009), a erosão acelerada ocorre nos setores de expansão das cidades, por meio da abertura de loteamentos, os quais exigem para sua implantação uma grande movimentação e exposição dos solos. Estes terrenos, devido à retirada da cobertura vegetal e das camadas superficiais do solo, ficam expostos à ação das chuvas e do escoamento superficial, propiciando processos erosivos acelerados. Além disso, a escolha de empreendimentos em locais geotecnicamente inadequados, a falta de infraestrutura urbana, o traçado inadequado do sistema viário e sistemas de drenagens pluviais mal concebidos e executados aceleram a ocorrência dos processos erosivos.

Portanto, as formas de intervenções do homem que aceleram a erosão e que são denominadas de *condicionantes antrópicos*, incluem o desmatamento, a movimentação de terra, a concentração do escoamento superficial das águas e o uso inadequado dos solos agrícolas e urbanos (SANTORO, 2009).

2. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Ubá é um município que está localizado no sudeste do estado de Minas Gerais (Figura 2.1). A cidade possui características peculiares que favorecem constantes relações com as cidades menores e com o espaço microrregional a ela ligado. Sua localização também favorece as relações com centros maiores (AMORIM FILHO, RIGOTTI e CAMPOS, 2007; IBGE, 2008), pois dista 290 km de Belo Horizonte, 300 km do Rio de Janeiro, 580 km de São Paulo e 470 km de Vitória. Situa-se a cerca de 100 km de alguns centros regionais importantes, como Juiz de Fora, Barbacena, Muriaé e Viçosa.

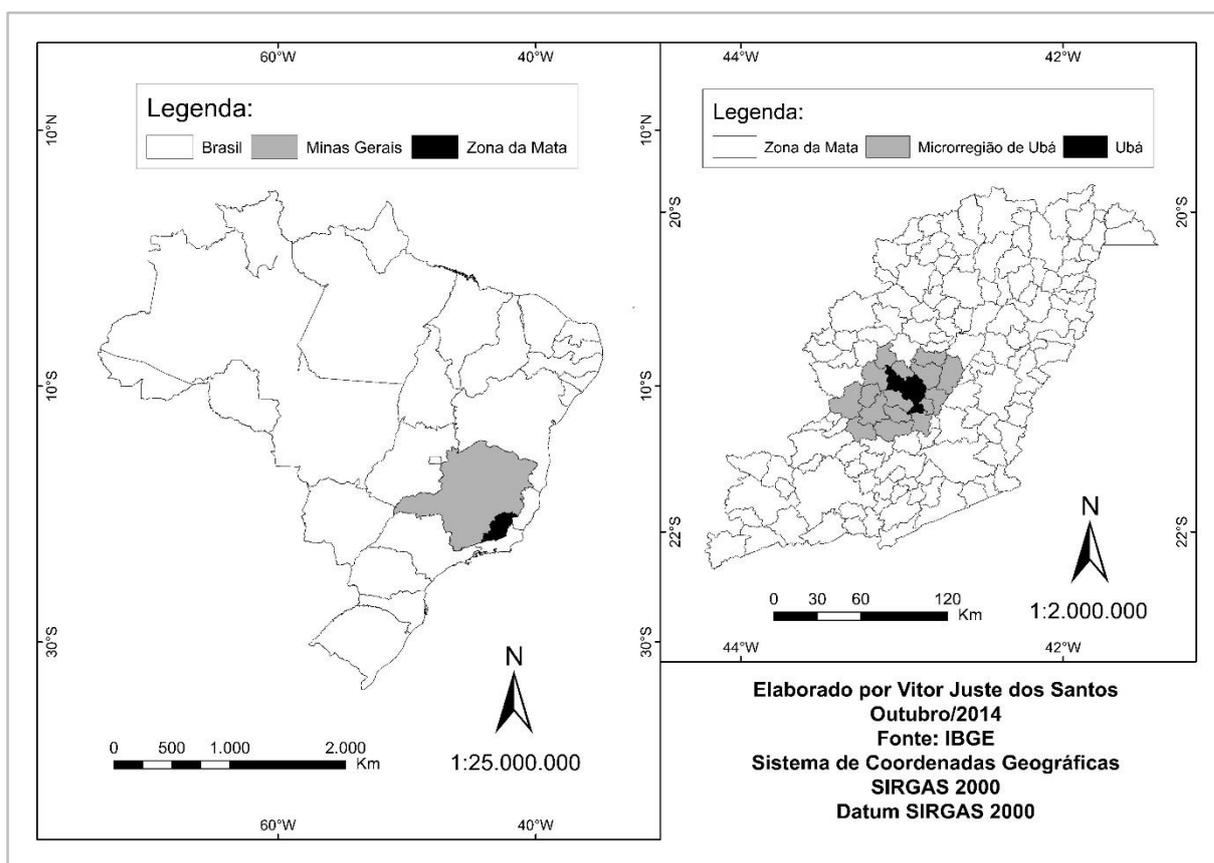


Figura 2.1 – Localização do município de Ubá/MG.

Podem-se diferenciar quatro períodos principais em relação às atividades econômicas dominantes em Ubá, os quais tiveram influência na dinâmica demográfica intra-municipal e microrregional.

O primeiro foi o da prática da agricultura de subsistência, desde a formação do município, dominante do final do século XVIII ao início do XIX. A monocultura do café foi predominante entre a segunda metade do século XIX até finais da década de 1920. Já a cultura fumageira foi a atividade econômica principal durante cerca de 30 anos, entre as décadas de 1930 e 1950. A partir de meados da década de 1960, ganha destaque a indústria de móveis, situação que perdura até os dias atuais (Gráfico 2.1).

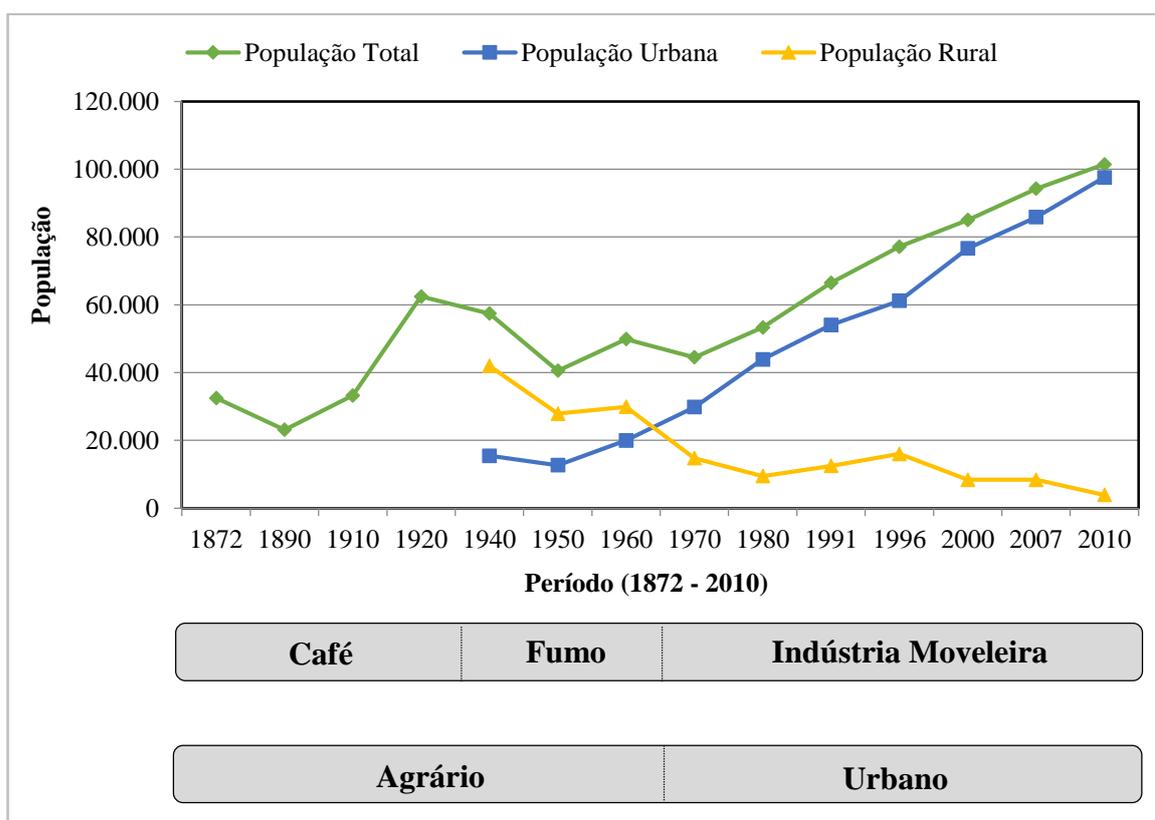


Gráfico 2.1 – Relação entre evolução demográfica e atividades econômicas do município de Ubá, no período de 1872 a 2010.

Obs.: a prática da agricultura de subsistência não foi apresentada neste gráfico devido à falta de dados populacionais anteriores ao período de 1872.

Fonte: organizado pelo autor com base em IBGE; IPEADATA; Albino (2009); Andrade (1961); Oliveira *et al.* (2010).

A agricultura de subsistência era a atividade que se destacava desde o início da formação do município. Já na segunda metade do século XIX, a expansão do café até o Vale do Paraíba fez com que esta produção ganhasse importância na região, com a agricultura de subsistência sendo substituída gradativamente. A monocultura de café, voltada para a exportação, se torna a atividade econômica mais importante (ALBINO, 2009; INTERSIND, s/d).

Concomitante ao café havia a produção de fumo, milho e em menor quantidade, de cebola, produções importantes regionalmente. Com a crise cafeeira, em finais da década de 1920, a produção fumageira cresce de importância, dominando a economia local entre as décadas de 1930 e 1950. A partir daí, começou a ser rejeitado no mercado regional devido à sua baixa combustibilidade (ALBINO, 2009; INTERSIND, s/d). A rejeição do produto se deu em virtude do uso inadequado, por muitos anos seguidos, de insumos e adubos, comprometendo a qualidade do fumo. Nesse período, Ubá era conhecida em todo o país como o maior consumidor de insumos e adubos e maior produtor de fumo. Como consequência, no final dos anos de 1950, a crise da produção fumageira deixou grande número de pessoas sem trabalho nas fazendas e na cidade (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A perda da significância da produção de fumo fez crescer o desemprego em Ubá, tornando-se necessário buscar novas atividades econômicas que absorvessem os desempregados, sendo o setor moveleiro o mais promissor (INTERIND, s/d).

O setor de móveis foi o mais propício a se desenvolver devido a algumas razões. Primeiramente, a atividade de marcenaria existia em Ubá desde o início do século XX e está relacionada à entrada de imigrantes italianos que, além de mão de obra para trabalhar nas lavouras de café e de fumo, trouxeram a vocação profissional para a manufatura. Assim, ao longo deste século foram aos poucos surgindo empresas relacionadas ao setor. Em 1917 foi aberta a primeira marcenaria para a produção de esquadrias e móveis sob encomenda. Em 1927, outra empresa começou a produzir e a comercializar malas e móveis de forma consignada. Em 1947 foi aberta uma fábrica de vassouras, e em 1957, outra empresa, a Auto-Refrigeração, iniciou a fabricação de refrigeradores de madeira em série (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No entanto, o setor moveleiro realmente passou a se destacar a partir da década de 1960, como alternativa à crise econômica que a cidade e a região passaram a enfrentar decorrente da queda da produção de fumo. Em 1959, Francisco Parma fundou a Domani, a primeira fábrica de armários de cozinha laqueados. Tais armários eram feitos a partir de caixotes de madeira desmontados, fornecidos pelo Armarinho Santo Antônio, uma grande empresa comercial que adquiria grande quantidade de mercadorias, desde produtos alimentícios até vestuários para posterior distribuição em Ubá e região. Posteriormente, na Domani, passou-se a fabricar armários, guarda-roupas, sofás e esquadrias a partir de matéria prima importada (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Outros fatores destacados por Oliveira *et al.* (2010, p. 17-18) foram essenciais para o crescimento das indústrias de móveis:

- a) A Associação Comercial e Industrial de Ubá (ACIU) teve o interesse em desenvolver atividades industriais no município para a absorção de mão de obra rural disponível;
- b) A existência de indústrias moveleiras, como a Auto-Refrigeração e a Domani;
- c) A criação, em 1963, de uma diretoria paralela à ACIU, que ficou responsável por tratar dos problemas relacionados à precariedade da comunicação, à escassez da energia elétrica, ao asfaltamento da rodovia Ubá/Juiz de Fora e, ainda, à obtenção de linha de crédito no Banco do Brasil;
- d) A promoção, por parte da ACIU, de feiras e mostras, objetivando promover o parque manufactureiro, de modo a incentivar a criação de empresas industriais na cidade e região. A primeira mostra ocorreu em 1963 e a segunda em 1964.

A partir de então, as empresas do setor de móveis cresceram de forma significativa na cidade. Por meio de financiamentos, a Domani ampliou sua capacidade de produção e venda, chegando a contratar 1.200 pessoas, exercendo um papel de grande importância no crescimento e desenvolvimento do polo moveleiro local (ALBINO, 2009; SILVA, 2008).

A Domani encerra suas atividades em meados da década de 1970. Como consequência, muitos dos trabalhadores que foram dispensados decidiram abrir seus próprios negócios, aproveitando-se do conhecimento adquirido em relação à produção e à comercialização, além do grande número de mão de obra disponível. A tecnologia e a localização favoreceram o desenvolvimento dessa atividade (SILVA, 2008).

No final da década de 1970 houve um acréscimo significativo do número de indústrias no setor moveleiro, com 25 novas empresas. Na década de 1980 esse número aumentou para 72 empresas (OLIVEIRA *et al.*, 2010). No final da década de 2000, o número de empresas aumentou para 410 (ALVES, 2009).

Percebe-se, portanto, que além da tradição em trabalhar com marcenaria trazida pelos imigrantes italianos, além das várias empresas ligadas a este setor que existiam ao longo do século XX, houve uma preocupação, principalmente por parte da iniciativa privada, em promover o desenvolvimento industrial em Ubá. Como a atividade marceneira vinha se destacando, o desenvolvimento das indústrias de móveis seria a mais promissora para os empresários da época (INTERSIND, s/d; SILVA, 2008).

Através dos dados populacionais obtidos no endereço eletrônico do IPEA (IPEADATA, s/d), observa-se, a partir da década de 1960, um aumento significativo da população urbana, acompanhado por uma considerável diminuição da população rural, o que coincide com o desenvolvimento da indústria moveleira na cidade.

Como pode ser observado no gráfico 2.1, até a década de 1960, o contingente demográfico municipal passou por grande variação, ora crescendo, ora decrescendo.

Houve uma diminuição entre os Censos de 1872 e 1890, seguido de um período de crescimento intenso, entre 1890 e 1920, de outro decréscimo, de 1920 a 1950, e outro período de crescimento entre 1950 e 1960. Entre 1960 e 1970, houve outro decréscimo demográfico, sendo a última queda registrada da população total do município.

Até o final da década de 1960, Ubá foi sede de um grande território municipal que aos poucos foi sendo desmembrado, devido à emancipação de vários distritos (Figura 2.2), o que explica a grande variação de sua população durante este período.

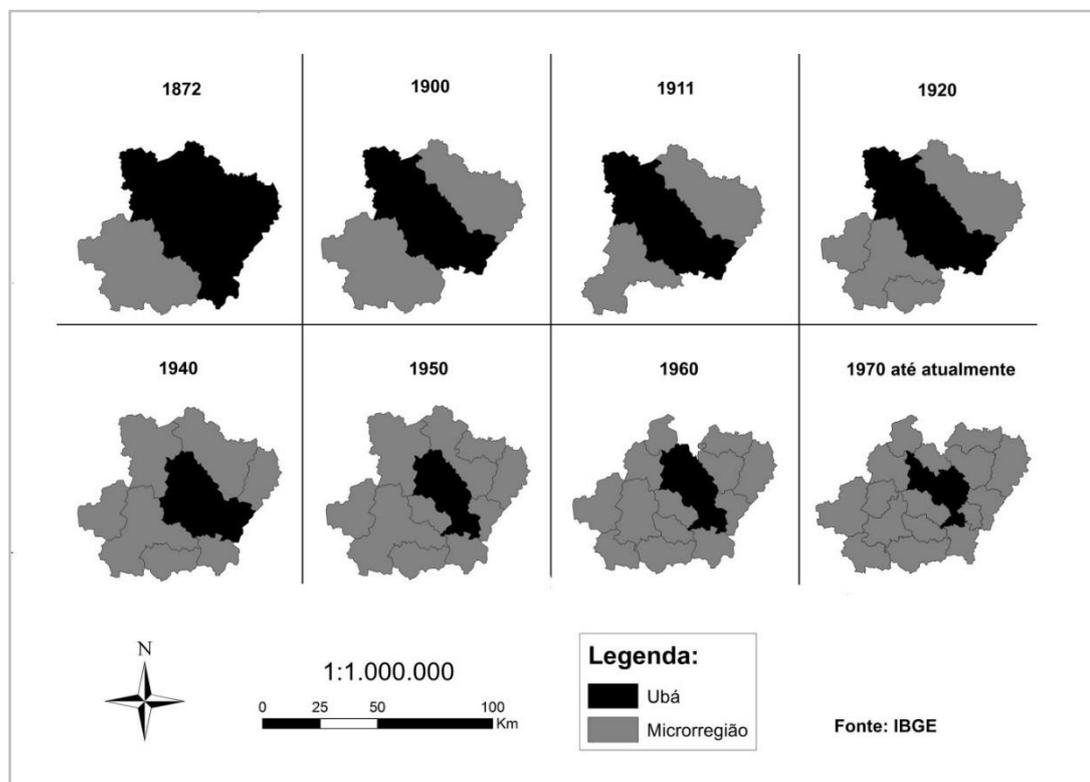


Figura 2.2 – Evolução do território municipal de Ubá/MG a partir de 1872.

Fonte: organizado pelo autor. Arquivos vetoriais disponíveis em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 03 out. 2014.

Relacionando a figura 2.2 com a tabela 2.1, nota-se que o acréscimo e o decréscimo da população total de Ubá foram sendo condicionados ao desmembramento do município, pela emancipação de seus distritos, até que, a partir de 1970, quando o território municipal não passou mais por mudanças, a população total cresceu de forma contínua.

Tabela 2.1 – Municípios emancipados de Ubá.

Municípios Emancipados (Ano)	População Perdida
Visconde do Rio Branco (1881)	18.295
Senador Firmino (1938)	18.604
Guidoval (1948)	10.063
Tocantins (1948)	10.519
Divinésia (1962)	4.375
Rodeiro (1962)	4.308

Fonte: informações extraídas do endereço eletrônico do IBGE CIDADES. Organizado pelo autor.

No entanto, é importante mencionar, que a partir de meados da década de 1960 a indústria moveleira se torna a atividade econômica mais importante, sendo a mesma um fator de atração populacional. Isso é demonstrado no gráfico 2.1, quando Ubá, a partir da década de 1970, torna-se um município com população urbana superior a população rural.

Retomando, quando a empresa Domani encerra suas atividades e muitos de seus empregados abrem seus próprios negócios, registra-se um crescimento do número de empresas do setor, porém de forma desorganizada. A produção apresentava características artesanais, com pouca tecnologia. Os empresários não possuíam conhecimento suficiente e resistiam a qualquer tentativa de reunião para troca de informações, temendo que suas estratégias fossem copiadas pelos concorrentes. Visto que isso era um problema, alguns empresários indicaram a necessidade da criação de um sindicato do setor (OLIVEIRA, *et al.*, 2010).

Em junho de 1986 foi criada a Associação dos Fabricantes de Móveis de Ubá, formada por 20 empresas, que posteriormente, em 1989, teve o nome modificado para Sindicato Intermunicipal das Indústrias Moveleiras de Ubá (INTERSIND, s/d). Este tinha o objetivo de organizar as ações do setor no sentido de auxiliar os empresários na busca de soluções para o crescimento do polo moveleiro (SILVA, 2008).

A partir da década de 1990, as indústrias do setor passaram por uma grande capacitação de pessoal e de empresários, além de investimentos na renovação do parque de máquinas e equipamentos. Muitos trabalhos foram desenvolvidos em prol da indústria de móveis, como a organização de sindicatos e associações, a instalação de instituições para formação de mão de obra e tecnologia, como o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), além da realização de feiras de móveis, máquinas e matérias-primas (OLIVEIRA *et al.*, 2010; SILVA, 2008).

Esse crescimento da indústria moveleira na cidade, juntamente com os fornecedores de matéria prima e tecnologias, fez com que o meio urbano se tornasse mais atrativo para as pessoas.

Dessa forma, percebe-se através dos dados populacionais do município, que o êxodo rural, principalmente a partir da década de 1960 foi muito intenso, havendo conseqüente crescimento da população urbana. Juntamente com as melhorias da expectativa de vida e os avanços na área da saúde, a população urbana de Ubá cresceu de forma significativa, alcançando 97.599 pessoas no último censo demográfico do IBGE, em 2010.

O crescimento da população total do município e de sua população urbana está relacionado com a saída das pessoas das áreas rurais dentro do próprio município, passando a residir na cidade. Contudo, a migração de pessoas dos municípios da microrregião também deve ser considerada, como pode ser observado pelos dados da tabela 2.2.

Nota-se, que a partir da década de 1970, quando a microrregião tomou a configuração territorial que apresenta atualmente, o município de Ubá foi o único que apresentou crescimento populacional considerável, passando de 44.503 habitantes para 101.446 em quatro décadas. Ou seja, um aumento de 128%, 56.943 pessoas, mais que dobrando sua população. Além de Ubá, somente Visconde do Rio Branco obteve um aumento demográfico significativo, passando de 25.206 para 37.492 habitantes em 40 anos, um aumento de 12.286 pessoas (49%).

Os outros 15 municípios da microrregião não apresentaram aumentos consideráveis de suas populações, sendo que sete deles tiveram taxas negativas de crescimento entre 1970 e 2010. Devido a isso, Ubá concentrava, em 2010, 37,70% da população da microrregião, enquanto o mais próximo, Visconde do Rio Branco, concentrava 13,94%.

Percebe-se, portanto, que enquanto os municípios de sua microrregião seguem estagnados em relação ao crescimento de suas populações ou possuem crescimentos baixos, Ubá possui

um aumento constante e significativo, diferenciando-se consideravelmente em termos demográficos.

Tabela 2.2 – Evolução demográfica da microrregião de Ubá/MG entre 1872 e 2010.

Município/Ano	1872	1890	1910	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Astolfo Dutra	-	-	-	-	9.993	11.858	14.538	11.119	10.513	11.412	11.805	13.049
Divinésia	-	-	-	-	-	-	-	4.375	3.132	3.009	3.188	3.293
Dores do Turvo	-	-	-	-	-	-	5.313	5.335	4.841	5.043	4.799	4.462
Guarani	-	-	-	9.316	9.379	8.049	8.390	10.063	7.884	8.046	8.520	8.678
Guidoval	-	-	-	-	-	10.063	11.143	10.158	7.249	7.177	7.490	7.206
Guiricema	-	-	-	-	17.219	16.964	15.318	13.933	10.443	10.297	9.259	8.707
Mercês	-	-	-	19.768	13.925	10.138	10.201	9.637	10.119	10.074	10.061	10.368
Piraúba	-	-	-	-	-	-	8.571	10.274	10.251	9.142	11.140	10.862
Rio Pomba	32.556	38.176	69.464	43.717	24.528	26.169	16.607	14.588	14.057	14.884	16.359	17.110
Rodeiro	-	-	-	-	-	-	-	4.308	3.244	3.749	5.375	6.876
São Geraldo	-	-	-	-	-	10.648	10.325	9.758	7.521	7.860	7.716	10.263
Senador Firmino	-	-	-	-	18.604	16.036	6.587	6.754	6.757	6.241	6.598	7.230
Silveirânia	-	-	-	-	-	-	-	2.699	2.075	2.047	2.138	2.192
Tabuleiro	-	-	-	-	-	-	5.866	5.356	4.791	4.361	4.572	4.079
Tocantins	-	-	-	-	-	10.519	13.547	14.346	13.158	12.836	15.005	15.823
Ubá	32.460	23.130	33.218	62.425	57.394	40.516	49.874	44.503	53.311	66.511	84.987	101.446
V. do Rio Branco	-	18.295	38.253	53.381	39.867	26.179	24.642	25.206	26.257	28.451	32.598	37.492
Microrregião	65.016	79.601	140.935	188.607	190.909	187.139	200.922	202.412	195.603	211.140	241.610	269.136

Fonte: dados de população extraídos do endereço eletrônico do IPEADATA. Organizado pelo autor.

A área urbana de Ubá vem sendo um atrativo para pessoas de outros municípios. O Censo de 2010, do IBGE, em relação aos dados migratórios municipais, mostrou que 6.143 pessoas, de cinco anos ou mais de idade não residiam em Ubá até 31/07/2005. Ou seja, todo esse contingente se mudou em cinco anos, entre 2005 e 2010. Desse total, 5.744 foram para a área urbana e 398 para a área rural, o que demonstra a atratividade da cidade.

Seguindo a tendência da população total, a população urbana de Ubá teve um acréscimo significativo de 1970 a 2010, em relação aos municípios da microrregião (Gráfico 2.2). Quanto à população rural (Gráfico 2.3), observa-se uma situação oposta para o município de Ubá. De 1970 a 2010 houve uma queda acentuada, principalmente a partir de 1996, o que é um reflexo dos investimentos feitos na indústria moveleira a partir da década de 1990, como já mencionado, aumentando o poder de atração da área urbana.

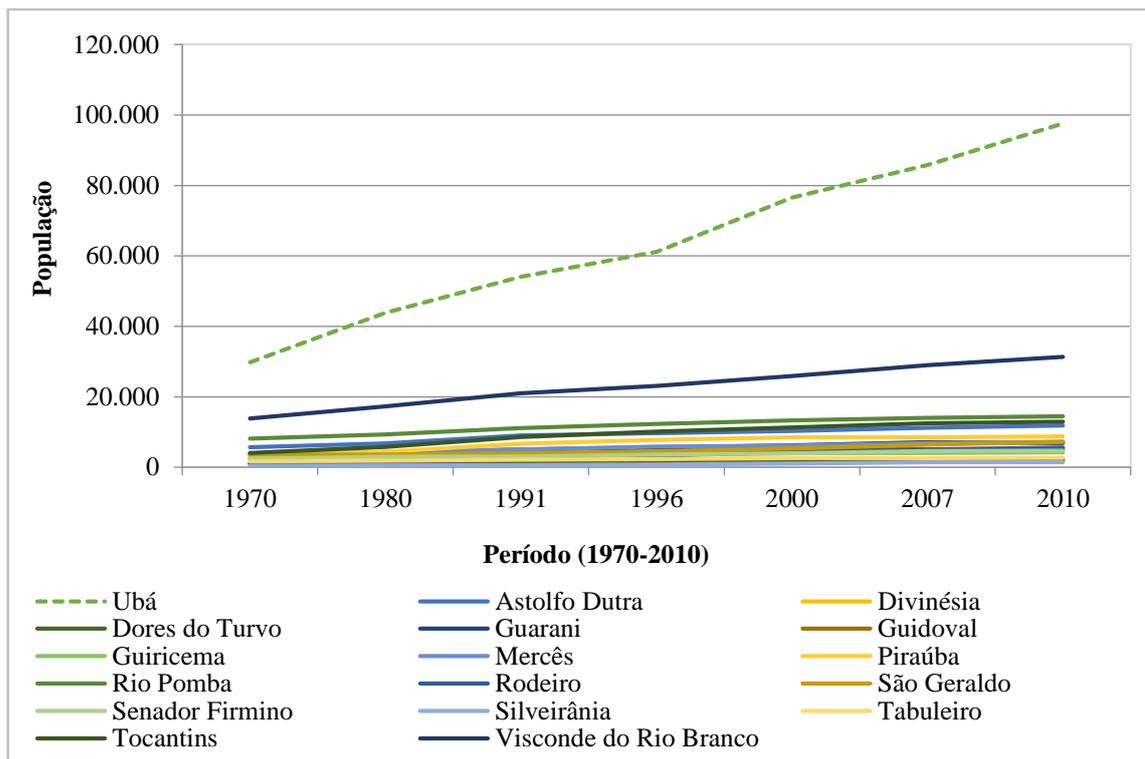


Gráfico 2.2 – Evolução da população urbana dos municípios da microrregião de Ubá entre 1970 e 2010. Fonte: organizado pelo autor com base nos dados extraídos do endereço eletrônico do IPEADATA.

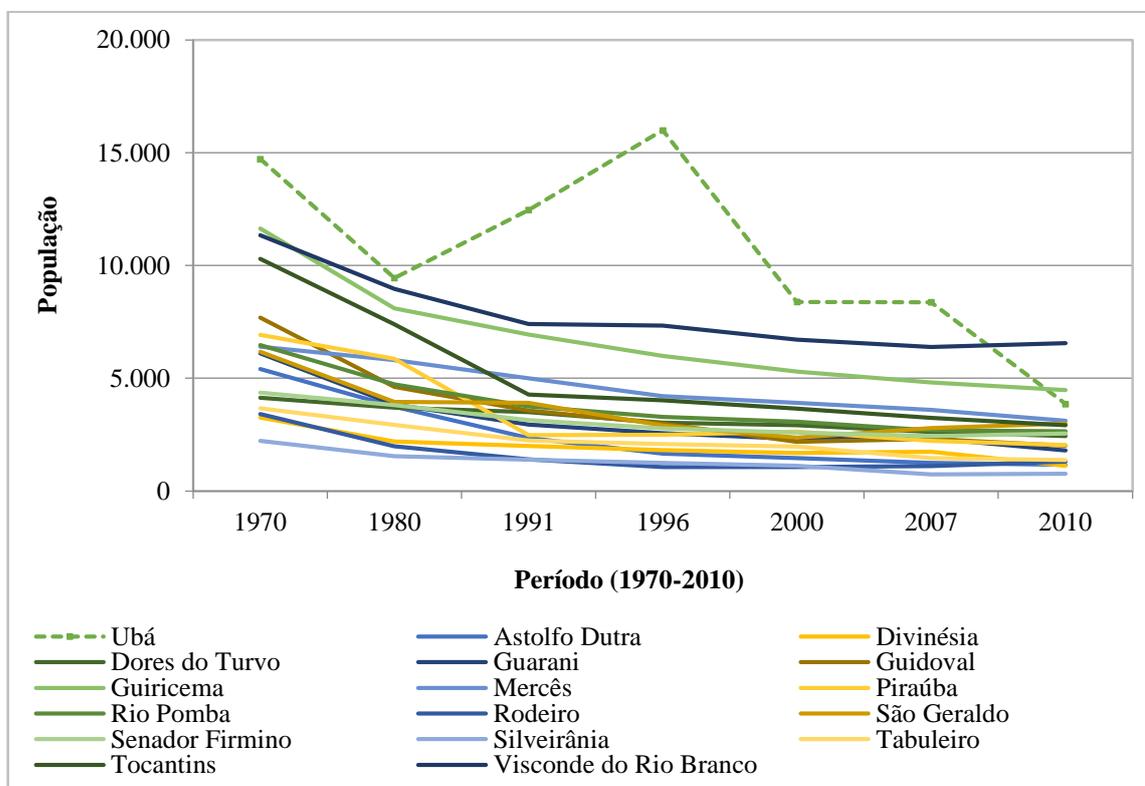


Gráfico 2.3 – Evolução da população rural dos municípios da microrregião de Ubá entre 1970 e 2010. Fonte: organizado pelo autor com base nos dados extraídos do endereço eletrônico do IPEADATA.

Além de Ubá, outros municípios também tiveram quedas significativas de suas populações rurais, como Visconde do Rio Branco, Guiricema e Tocantins. No entanto, essa redução não foi acompanhada de um aumento expressivo da população urbana, com exceção de Visconde do Rio Branco.

Os outros sete municípios também tiveram queda de suas populações rurais, mas sem aumento de suas populações urbanas, o que resultou no decréscimo de suas populações totais (Tabela 2.2).

Outros dados disponíveis no endereço eletrônico do IBGE demonstram o esvaziamento das áreas rurais na microrregião. O número de pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários reduziu-se de 37.679, em 1985 para 20.265 em 2006, 46% de decréscimo (17.414 pessoas) (Tabela 2.3). Destes, Ubá contribuiu com 3.941.

Tabela 2.3 – Pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários entre 1970 e 2006.

Local/Ano	1970	1975	1980	1985	1995/1996	2006
Ubá	5.069	4.390	4.305	5.664	3.625	1.723
Microrregião	35.229	36.551	33.970	37.679	29.802	20.265

Fonte: Censos Agropecuários do IBGE, anos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995/1996 e 2006.
Organizado pelo autor.

Tais dados demonstram como a agricultura e a pecuária vem tendo menor importância econômica no município e na microrregião, perdendo espaço para os serviços urbanos.

Em contrapartida, a indústria e o setor de serviços possuem maior representatividade na economia regional, apesar de, em seis municípios, o setor agropecuário ainda ter maior importância do que o industrial. Porém, a microrregião de Ubá segue a tendência do Estado de Minas Gerais e do Brasil, com o Produto Interno Bruto (PIB) sendo mais influenciado pela indústria e pelos serviços (Tabela 2.4).

Nota-se como o PIB de Ubá na indústria e nos serviços é significativamente superior em relação aos outros municípios da microrregião. Já em relação ao setor agropecuário, essa superioridade não é tão acentuada, o que mostra como esse setor perdeu importância no município, e como a indústria e os serviços dominam a economia local.

Tabela 2.4 – Produto Interno Bruto (PIB) da microrregião de Ubá, de Minas Gerais e do Brasil.

Municípios	Setores		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
Astolfo Dutra	9.154	60.402	90.496
Divinésia	4.276	3.930	17.885
Guarani	14.139	32.407	51.816
Guidoval	11.058	14.776	37.901
Guiricema	21.226	13.505	45.665
Mercês	12.205	10.977	53.806
Piraúba	13.104	12.014	61.083
Rio Pomba	17.198	39.542	118.695
Rodeiro	3.544	60.955	57.176
São Geraldo	7.322	28.213	49.915
Silveirânia	5.387	1.911	12.728
Tabuleiro	6.817	5.201	22.120
Tocantins	13.450	29.339	104.492
Ubá	21.684	439.681	874.312
Visconde do Rio Branco	17.939	276.840	314.905
Microrregião	178.503	1.029.693	1.912.995
Minas Gerais	15.568.048	54.306.183	97.398.820
Brasil	105.163.000	539.315.998	1.197.774.001

Fonte: IBGE CIDADES. Organizado pelo autor.

Ubá segue uma tendência de forte crescimento populacional. Analisando-se as estimativas de população das cidades da microrregião, de 1991 para 2015, verifica-se que seu crescimento demográfico vai continuar superior aos de seus vizinhos (Gráfico 2.4). Enquanto as populações de Ubá e Visconde do Rio Branco crescem de forma mais acelerada, o restante dos municípios segue estagnado em relação ao crescimento demográfico.

Esse crescimento demográfico de Ubá vem provocando uma expansão da cidade de forma acelerada, pois é na área urbana que se demonstra mais significativo, enquanto que nas áreas rurais a tendência é de queda da população.

O acréscimo demográfico registrado desde a década de 1970 e que segue em ritmo acelerado, faz com que o contexto atual se diferencie significativamente daquele que existia à época em que Andrade (1961) realizou sua pesquisa no município, em finais da década de 1950.

Este autor destacou que as habitações e outras construções da cidade de Ubá se localizavam nos vales fluviais, próximos aos cursos d'água, evitando subir as encostas devido às dificuldades de construção e de abastecimento de água.

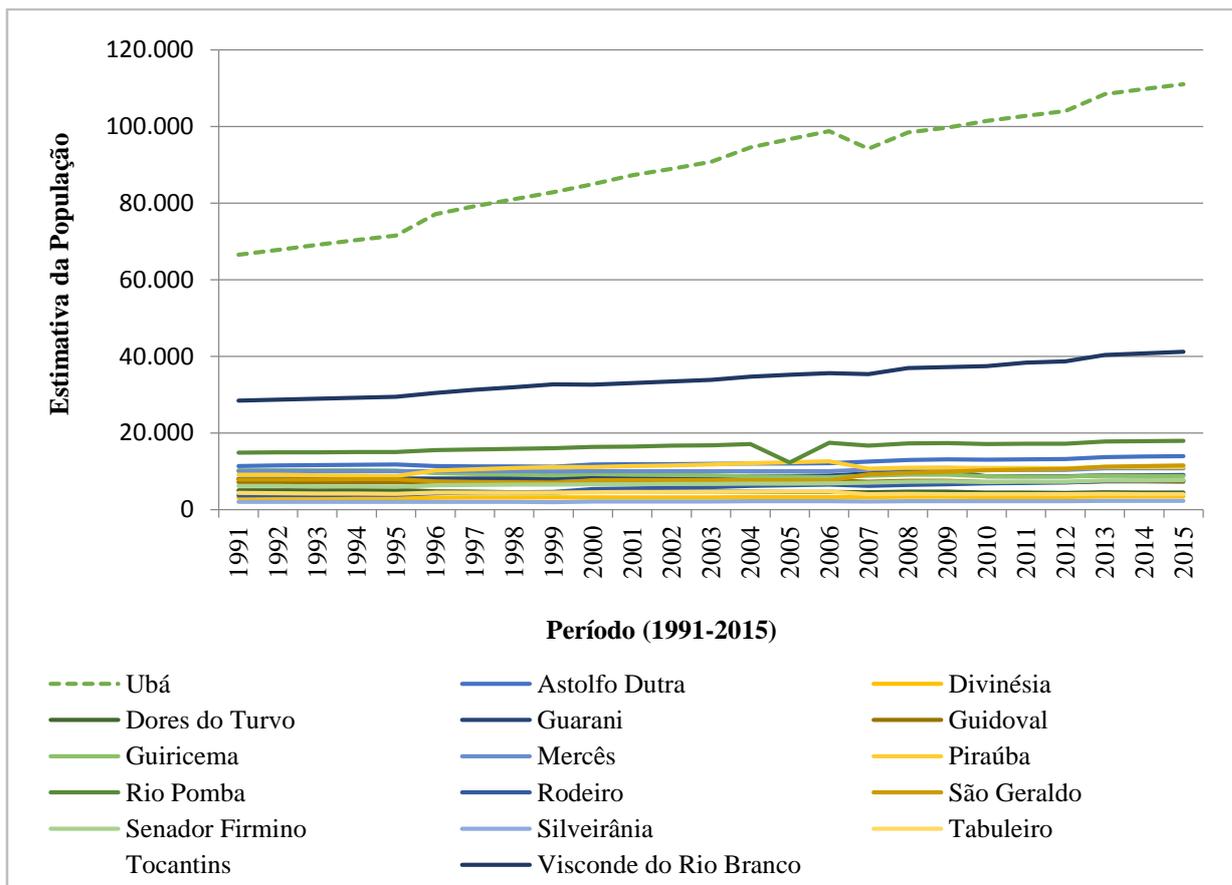


Gráfico 2.4 – Evolução da população dos municípios da microrregião de Ubá/MG, entre 1991 a 2015, segundo as estimativas populacionais do IBGE.

Fonte: organizado pelo autor com base nos dados extraídos no endereço eletrônico do IBGE CIDADES.

Porém, devido aos avanços no setor da construção civil e nas tecnologias de distribuição de água, além do intenso processo de ocupação das áreas de vales até a década de 1970, as novas habitações passaram a subir as vertentes adjacentes, pois o crescimento demográfico acentuado gerou forte demanda por novos espaços no sítio original.

No final do século XX e início do XXI, a visualização de ocupações em áreas de encostas e topos de morros se tornou comum na paisagem. O setor imobiliário se tornou atrativo no município, devido à demanda por novas ocupações pela população crescente.

Os dados demográficos obtidos no endereço eletrônico do IPEADATA demonstram como a cidade de Ubá vem atraindo pessoas, pois de 1970 a 2010 houve um aumento de 33,75% para 43,10% da concentração da população da microrregião nesse município. Ou seja, mais de um terço da população urbana da microrregião reside na cidade de Ubá (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Concentração da população urbana da microrregião em Ubá.

Ano		1970	1980	1991	1996	2000	2007	2010
População Urbana	Ubá	29.782 (33,75%)	43.860 (38,82%)	54.051 (37,97%)	61.162 (38,02%)	76.602 (40,68%)	85.858 (41,35%)	97.599 (43,10%)
	Microrregião	88.247	112.984	142.361	160.864	188.314	207.613	226.475

Fonte: IPEADATA. Organizado pelo autor.

Esse acréscimo de 67.817 pessoas, em 40 anos, na área urbana tem como contrapartida um decréscimo de 14.721 na área rural, no mesmo período. Isso significa que em 2010, 96,19% da população estavam residindo na cidade e 3,81% nas áreas rurais.

Somando-se o perímetro urbano de todos os distritos (Diamante de Ubá, Miragaia e Ubarí) e da sede do município de Ubá, resulta um valor total de 98,70 km², ou seja, 24,22% do território municipal são áreas urbanas. O restante, 308,80 km² (75,78%) são espaços rurais. Os limites destes perímetros urbanos foram definidos em 2009 (PMU, 2011).

Em 2010, com população de 101.446 residentes, o município possuía uma densidade demográfica de 248,96 hab/km². Porém, quando se trata somente da população que reside nas áreas urbanas, tal densidade se eleva para 988,84 hab/km². É claro que quando se trata dos diferentes locais, tal densidade será diferenciada, como, por exemplo, os distritos de Ubá, que possuem populações inferiores à sede.

Mas esses dados servem para demonstrar como a população municipal está concentrada em áreas urbanas, pois quando se trata das áreas rurais, a densidade demográfica é de apenas 12,52 hab/km². Ou seja, há uma diferença de 976,32 habitantes ocupando um quilômetro quadrado quando se compara as áreas urbanas e rurais, no ano de 2010.

Essa diferença deverá se tornar maior se considerarmos os 111.012 habitantes estimados para 2015, e seguindo a tendência do acréscimo de pessoas na cidade e do decréscimo no campo.

Como pode ser visto na figura 2.3, a mancha urbana aumentou consideravelmente entre 1985 e 2011. Isso é devido ao crescimento da população urbana neste período, pois de 43.860 pessoas em 1980, Ubá passou a ter 97.599 pessoas na área urbana em 2010, um acréscimo de 53.739 (122,52%) em três décadas.

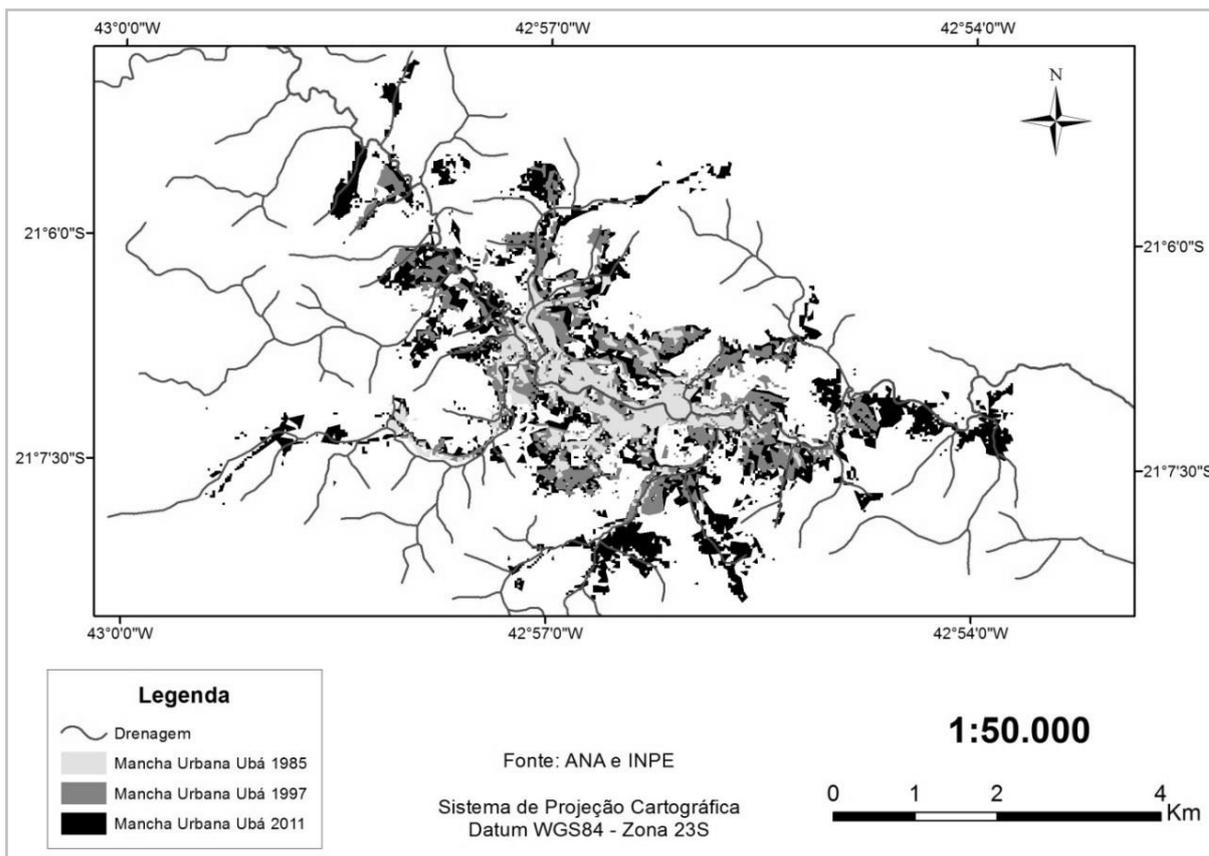


Figura 2.3 – Crescimento da mancha urbana de Ubá entre 1985 a 2011.
Fonte: Santos (2013).

Percebe-se que o crescimento da cidade acompanha os vales, seguindo os cursos d'água, e ocupando as áreas de várzeas, lançando “tentáculos” (ANDRADE, 1961) em direção dos vales fluviais que circulam as colinas (Figura 2.4). No entanto, essa expansão não se limitou somente aos vales fluviais, devido à intensa ocupação dos mesmos. Ela se espalhou para as encostas dos morros adjacentes, ocupando vertentes que em alguns casos possuem altas declividades (Figura 2.5).

A comparação entre as figuras 2.4 e 2.5 é um exemplo dessa modificação da paisagem urbana ao longo de cinco décadas. Nota-se como as ocupações ao longo do Ribeirão Ubá cresceram, com a calha do curso sendo praticamente canalizada. Além disso, o bairro Jardim Glória, na década de 1960, ocupava da baixa a média encosta, sendo que em 2014 o mesmo se expandiu para a alta encosta e topo de morro, se encontrando com o bairro São Domingos, localizado no outro lado do interflúvio, que também se expandiu nessa direção. Esse tipo de situação vem se tornando comum ao longo de toda a cidade, devido aos vários loteamentos que estão sendo implantados.



Figura 2.4 – Área central de Ubá na década de 1960.
Fonte: fotografia cedida pelo Arquivo Histórico de Ubá.



Figura 2.5 – Área central de Ubá em 2014.
Fonte: imagem extraída do *software Google Earth Pro*.

A BHCS D, localizada na parte centro-norte do perímetro urbano, faz parte deste contexto de crescimento populacional e urbano de Ubá (Figura 2.6). Essa área cresceu a partir da expansão do antigo centro da cidade, localizado na Praça Guido Marliére. Esta bacia abriga quatro bairros, São Domingos, Eldorado, Bom Pastor e uma pequena parte do Centro (Figura 2.7). No total a BHCS D possui 11.220 habitantes em uma área de 2,04 km².

O Bairro São Domingos se encontra em área de encostas íngremes, com casas que ocupam poucos metros quadrados, possuindo alta densidade populacional. A área total do bairro é de 235.779,10 m², tendo uma população de 5.317 habitantes. Ou seja, a densidade populacional do bairro é de um habitante por 44,34 m². Este bairro, apesar de ser densamente ocupado, possui terrenos com solos expostos, sendo visível na paisagem cicatrizes de deslizamentos, inclusive onde há ocupação por moradias. Parte deste também ocupa o vale fluvial do principal curso d'água da bacia (por isso a denominação de Córrego São Domingos).

Os outros dois bairros, Bom Pastor e Eldorado, ocupam predominantemente as áreas de vales. São incomuns problemas relacionados a movimentos de massa nos mesmos. No entanto, tais problemas podem começar a ocorrer, assim como os processos erosivos podem ser agravados, pois a ocupação por habitações está avançando para áreas de encostas, em alguns casos de forma desordenada, sendo visível na paisagem solos expostos devido aos loteamentos que estão sendo abertos. A densidade demográfica de cada um destes é menor em relação ao São Domingos. O Bom Pastor possui 1.650 habitantes em uma área de 96.313,40 m², o que resulta numa densidade populacional de uma pessoa por 58,37 m². Já o Eldorado possui 3.336 pessoas e área de 240.525,90 m², resultando numa densidade de uma pessoa por 72,10 m².

Já a parte do Centro que se encontra dentro da BHCS D possui 917 habitantes, com uma área de 110.285,90 m², ou seja, uma densidade demográfica de um habitante para 120,27 m². É o bairro com menor densidade populacional da bacia. No mesmo é comum a ocorrência de alagamentos e enxurradas, sendo bastante impermeabilizado por ser uma área urbana antiga e consolidada.

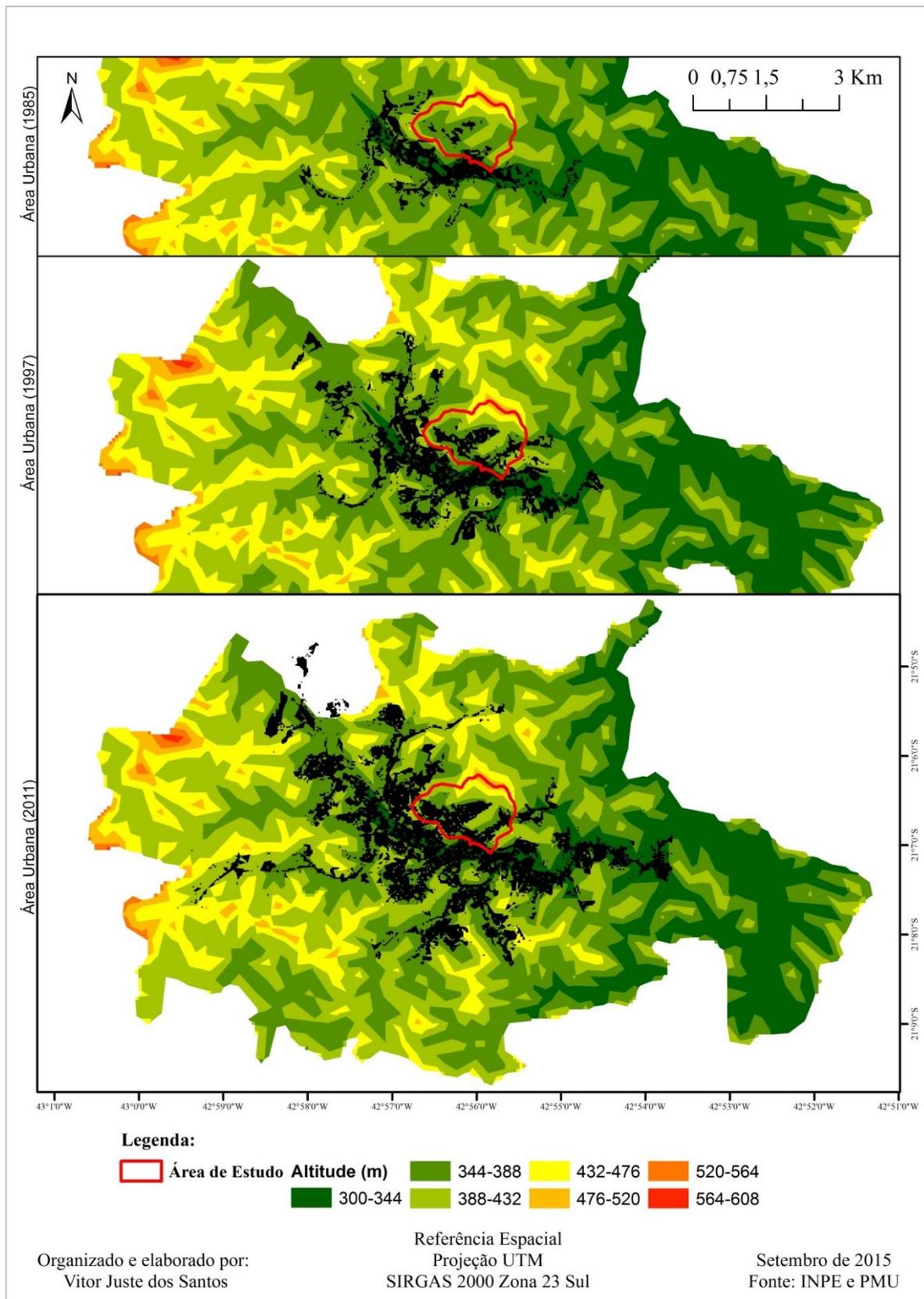


Figura 2.6 – Crescimento da área urbana de Ubá entre 1985 a 2011.
 Fonte: imagens de satélite *Landsat* adquirida no endereço eletrônico do INPE.
 Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 15 set. 2015.
Shapefile do Perímetro Urbano de Ubá e das Curvas de Nível (10 por 10 m) fornecidos pela PMU.

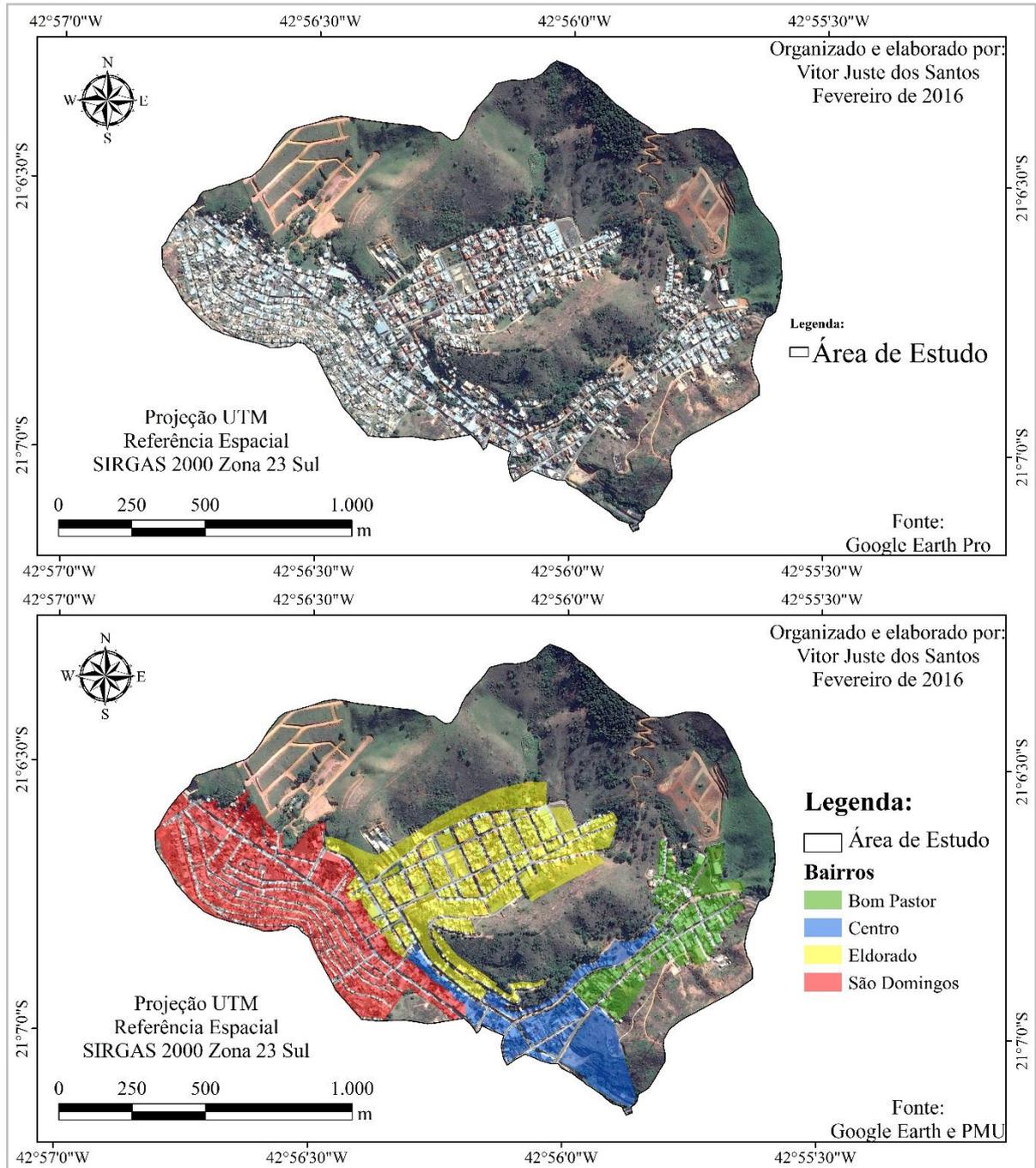


Figura 2.7 – Os bairros da BHCSD.

Fonte: imagem de satélite adquirida no *software Google Earth Pro*.

Shapefile dos bairros elaborado pelo autor com base em informações adquiridas no setor de Urbanismo da PMU.

Como pode ser visto na figura 2.8, grande parte da BHCSD é ocupada por área urbana. As áreas ocupadas pelos bairros ocupam um terço (33,47%) da bacia. Dois terços (66,53%) possuem diferentes coberturas do solo, como áreas de pastagens, vegetação arbórea, além da abertura de loteamentos, entre outros. Esses usos e coberturas serão mais bem explicados no capítulo 4.

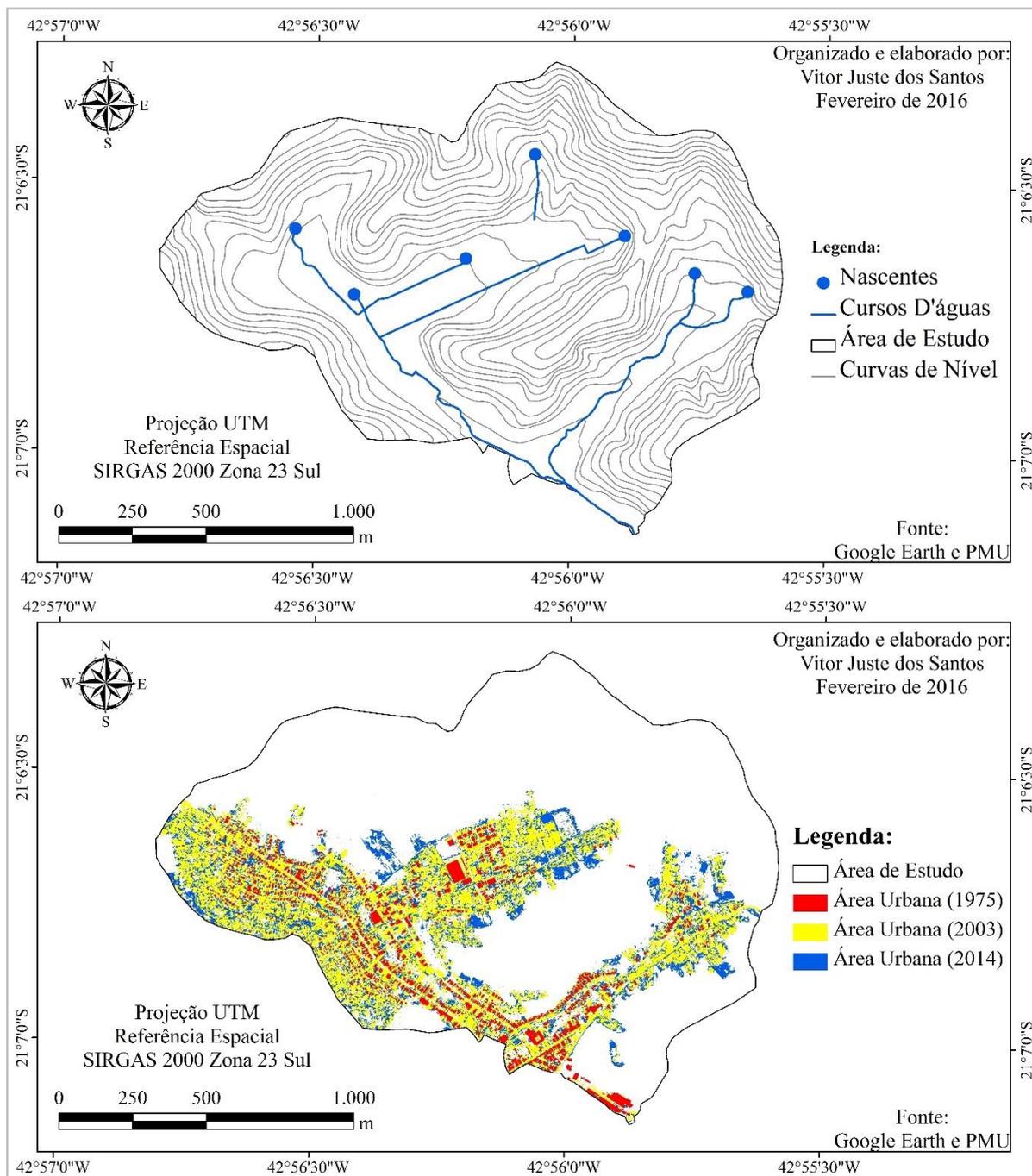


Figura 2.8 – Expansão urbana na BHCS D entre 1975 e 2014.

Fonte: *shapefile* das Curvas de Nível (10 por 10 m) fornecida pela PMU.

Shapefile dos cursos d'águas, das nascentes e da área urbana de 1975 elaborados pelo autor com base em trabalhos de campo e informações obtidas no setor de urbanismo da PMU.

Shapefile das áreas urbanas de 2003 e 2014 elaborados com base nas imagens de satélites adquiridas no *software* Google Earth Pro.

Por ser parte da cidade de Ubá, o crescimento destes bairros dentro da BHCS D seguiu a tendência de crescimento urbano da cidade como um todo. Inicialmente as áreas mais baixas foram ocupadas, nas margens dos cursos d'águas. Atualmente, as encostas e até mesmo parte

dos topos de morros já foram ocupados. Porém, percebe-se pela figura 2.9, que a expansão urbana na BHCS D foi significativa até o início da década de 2000. Durante esta década, os bairros não tiveram um crescimento de forma horizontal considerável, tendo sido característica a verticalização das construções. Na medida em que as famílias cresciam, eram feitos os chamados “puxadinhos”, ou seja, eram construídos mais um ou dois andares acima das casas. Dessa forma, apesar da área urbana não aumentar de forma horizontal, possivelmente houve um adensamento populacional na área de estudo, nos últimos anos da década de 2000 e nos primeiros na de 2010, devido à verticalização das construções.

2.1. Escolha da BHCS D para o estudo

A BHCS D foi definida como área-objeto de estudo por apresentar problemas relacionados à processos erosivos, que requerem compreensões urgentes devidos às consequências que tais processos geram.

Assim, o objeto da presente pesquisa é a erosão, principalmente a erosão acelerada ou antropogênica, pois a ação humana na BHCS D vem acelerando processos erosivos que deveriam levar milhares ou até milhões de anos para ocorrerem (erosão natural ou geológica).

Como visto neste capítulo, o crescimento urbano na BHCS D até os primeiros anos da década de 2010 foi preferencialmente vertical, porém haverá crescimento horizontal nos próximos anos. Foram abertos loteamentos próximos aos bairros São Domingos e Bom Pastor, além de pequenas aberturas nos bairros Bom Pastor e Eldorado. Tais loteamentos, para serem feitos, implicaram em grande movimentação de terra e retirada das coberturas vegetais, expondo os solos dessas áreas à ação direta das gotas das chuvas, o que pode acelerar os processos erosivos.

A bacia estudada já abriga uma população de 11.220 habitantes em uma área de 2,04 km². Ou seja, a população local representa 10,11% da população total do município em 2015, concentrada em uma área que representa 2,07% da área do perímetro urbano ou 0,50% da área total do município. E como foi exposto, esta população tende a aumentar nos próximos anos, o que resultará no aumento da concentração populacional.

Os sistemas de drenagem pluvial destes bairros são antigos e se tornaram insuficientes devido ao crescimento urbano das últimas décadas. Estes sistemas vêm sendo progressivamente substituídos, porém não no ritmo necessário. Aliado a este fato, há ocupações irregulares, tanto nas encostas quando nas margens dos cursos d'águas. Muitas vezes as construções feitas em tais lugares não seguem os critérios exigidos para a edificação das mesmas, acumulando os problemas relacionados ao escoamento da água e agravando os processos erosivos. Outros problemas são identificados, como o traçado inadequado das vias e de infraestrutura insuficiente, que não dão conta de escoar a água das chuvas de maneira que não ocorram processos erosivos acelerados.

Além dos solos retirados de maneira direta nos loteamentos, existem aqueles solos erodidos de forma “indireta” pela ação humana. A quase total remoção da cobertura vegetal arbórea em áreas de altas declividades e que possuem solos mais facilmente erodíveis facilitam a remoção de sedimentos destas áreas, fazendo com que chuvas com capacidades erosivas menores consigam remover os solos expostos.

A BHCS D possui relevo com declividades acentuadas, que superam os 50%, com solos facilmente erodíveis, como os Latossolos câmbicos ou Cambissolos latossólicos. A remoção da cobertura vegetal nativa e sua substituição por pastagens e áreas urbanas, ao longo do tempo, deixaram tais solos suscetíveis à erosão ainda mais vulneráveis à ação das chuvas, que ocorrem com mais frequência e intensidade de outubro a abril.

Algumas das atividades humanas que removem grande quantidade de solo, e suas consequências podem ser vistas na figura 2.10.

A escolha da Bacia Hidrográfica como área-objeto da pesquisa foi devido à sua concepção sistêmica do ambiente. Isso porque, como visto no capítulo 1, processos que ocorrem numa encosta podem ter consequências nas áreas mais baixas e vice-versa. Isso é observado na BHCS D, visto que os processos erosivos que ocorrem na área destacada na figura 2.9, geram consequências nas áreas mais baixas da encosta, onde passa a Rua José Rezende Brando, a qual recebe grande quantidade de sedimentos provenientes das partes mais altas (Figura 2.10).

Este é um dos muitos exemplos de processos erosivos acelerados na bacia, servindo para mostrar como é importante tratar a bacia hidrográfica e suas componentes como um sistema não-isolado aberto. Os processos erosivos que ocorrem à montante na bacia geram consequências a jusante, como o comprometimento da via pública pela sujeira causada pelos

sedimentos, que pode causar desde o entupimento de bueiros até acidentes envolvendo veículos, por exemplo.



Figura 2.9 – Corte realizado na encosta para construção de residência no bairro Bom Pastor com sistema de drenagem ineficiente, causando erosão em sulco na área de forma acelerada.

Fonte: fotografia do autor, março de 2015.



Figura 2.10 – Sedimentos que atingem a Rua José Rezende Brando, bairro Bom Pastor, durante as chuvas.
Fonte: fotografia do autor, março de 2015.

3. ESCOLHA CONCEITUAL E METODOLÓGICA PARA A PESQUISA

O zoneamento ambiental é um dos instrumentos capazes de dar suporte ao planejamento territorial, na medida em que inclui a dimensão ambiental nas sugestões das aptidões de uso, ocupação e parcelamento do território. A partir do levantamento de informações sobre o ambiente, a elaboração de um zoneamento ambiental permite a identificação de áreas frágeis à ocorrência de processos naturais, assim como áreas com maior ou menor aptidão para a implantação de atividades específicas (SANTOS, FALCOSKI e RANIERI, 2012).

Inseridas nas ciências ambientais aplicadas, existem inúmeras metodologias que auxiliam na elaboração de um zoneamento ambiental, como aquelas que fazem um diagnóstico de determinado território para definir quais são as áreas de maior e menor chance de ocorrer processos erosivos, classificando-as seguindo uma hierarquia. Foram selecionadas três metodologias para exemplificar como elas contribuem para a elaboração de um zoneamento ambiental, principalmente no que se refere aos processos erosivos provocados pelo escoamento superficial da água, tema central dessa pesquisa. As metodologias escolhidas são as de Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e Salomão (1999).

Elas foram escolhidas devido à frequência com que são utilizadas nos estudos de zoneamento ambiental. Dez exemplos de pesquisas, segundo cada metodologia, são apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Pesquisas que utilizaram as metodologias propostas por Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e Salomão (1999).

Metodologias	Pesquisas
Ross (1994)	Nakashima (2001); Sporn e Ross (2004); Kawakubo <i>et al.</i> (2005); Donha, Souza e Sugamoto (2006); Vashchenko, Favaretto e Biondi (2007); Oliveira, Rodrigues e Rodrigues (2008), Amaral e Ross (2009); Melo e Santos (2010); Cabral, <i>et al.</i> (2011); Gonçalves, <i>et al.</i> (2011).
Crepani <i>et al.</i> (2001)	Barbosa, Soares e Medeiros (2003); Sporn e Ross (2004); Freitas, <i>et al.</i> (2005); Ribeiro e Campos (2007); Santos e Sobreira (2008); Oliveira, <i>et al.</i> (2009); Melo e Santos (2010); Mesquita, Assis e Souza (2010); Arnesen e Maia (2011); Mota e Valladares (2011).
Salomão (1999)	Oliveira (2004); Guimarães e Santos (2007); Santos, Bayer e Carvalho (2008); Souza (2010); Barbosa (2011); Valente, <i>et al.</i> (2011); Petsch, <i>et al.</i> (2012); Valladares, <i>et al.</i> (2012); Leite, <i>et al.</i> (2014); Santos (2015).

Fonte: elaborado pelo autor.

- *Vulnerabilidade natural à perda de solo* (CREPANI, et al., 2001)

Esta metodologia foi desenvolvida por uma equipe de pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em convênio com a Secretária de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. A mesma teve o intuito de capacitar técnicos dos estados da Amazônia Legal na elaboração da primeira fase do Zoneamento Ecológico-Econômico desta região. Essa primeira fase faz parte do roteiro metodológico para o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal, adotado pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, sendo um instrumento de planejamento e ordenamento dessa parte do território brasileiro. A partir da aplicação desta metodologia, é possível gerar cartas de *vulnerabilidade* à perda de solo.

O conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977) foi adotado como base para o desenvolvimento dessa metodologia, utilizando imagens de satélite para identificar as vulnerabilidades da região estudada.

De acordo com esta metodologia, é realizada primeiramente a reinterpretação das informações temáticas disponíveis (mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e uso da terra) sobre as imagens de satélites usadas como apoio, além da utilização das curvas de intensidade pluviométrica. Dessa forma, são definidos os Planos de Informação temáticos georreferenciados (PI Geologia, PI Geomorfologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica). A interseção vetorial destes PI's define o mapa de Unidades Territoriais Básicas (PI UTB), composto de unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica (Figura 3.1). Ao PI UTB se associa um banco de dados relacional, contendo classes dos PI temáticos e valores, relativos e empíricos, de *vulnerabilidade* à perda de solo de cada uma dessas classes.

Posteriormente é feita uma classificação do grau de *vulnerabilidade* de cada unidade territorial baseada nos processos de morfogênese e pedogênese. A *vulnerabilidade* é expressa pela atribuição de valores (de 1 a 3, num total de 21 valores) para cada unidade de paisagem. Com esse procedimento metodológico são elaboradas cartas de *vulnerabilidade* natural à perda de solo, a partir de um banco de dados contendo as informações básicas do meio físico e de uso da terra de uma determinada região.

Para a elaboração da carta de *vulnerabilidade* à perda de solos de uma determinada área há necessidade mínima, segundo os autores, dos seguintes materiais: imagens de satélite, relatórios

do Projeto RADAM e os respectivos mapas temáticos na escala de 1:1.000.000 (Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação), carta topográfica na escala de 1:100.000 (ou em sua ausência, 1:250.000) e dados históricos de pluviometria obtidos em postos pluviométricos. Havendo disponibilidade de outros dados em escalas maiores, que possam contribuir para o conhecimento da área em questão, evidentemente devem ser considerados.

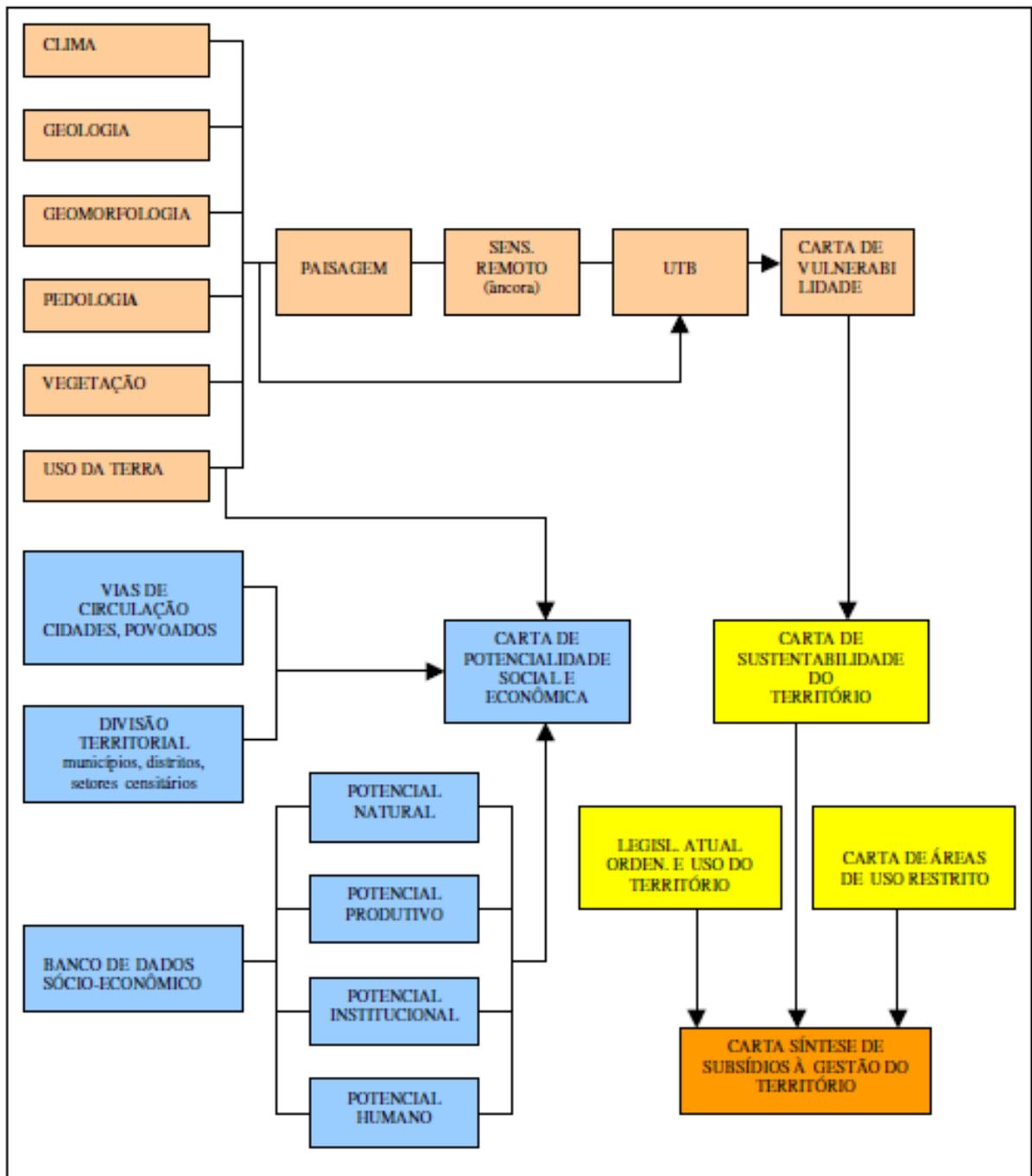


Figura 3.1 – Fluxograma geral da metodologia.
 Fonte: Crepani, *et al.* (2001, p.12).

A escala de vulnerabilidade das UTB's, a partir de sua caracterização morfodinâmica, foi feita com base na Ecodinâmica de Tricart (1977), estabelecendo-se as seguintes categorias morfodinâmicas:

- 1) Meios estáveis: cobertura vegetal densa, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas;
- 2) Meios intergrades: balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas;
- 3) Meios instáveis: condições bioclimáticas agressivas, ocorrência de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas, relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, inexistência de cobertura vegetal densa, planícies e fundos de vales sujeitos a inundações e geodinâmica interna intensa.

Criaram-se, a partir desses princípios, critérios que buscam uma avaliação de forma relativa e empírica, do estágio de evolução morfodinâmica das UTB's, atribuindo valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas conforme pode ser visto na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.

Categorias Morfodinâmicas	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani, *et al.* (2001, p. 21).

A partir dessa primeira aproximação, os autores procuraram contemplar maior variedade de categorias morfodinâmicas, de forma a construir uma escala de *vulnerabilidade* para situações que ocorram naturalmente. Foi desenvolvido um modelo que estabelece 21 classes de *vulnerabilidade* à perda de solo, distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (valores próximos a 1,0), passando por situações intermediárias (valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (valores próximos de 3,0) (Tabela 3.3).

O modelo é aplicado individualmente aos temas (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima) que compõem cada UTB, que recebe posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica, que

busca representar a posição desta unidade dentro da escala de *vulnerabilidade* natural à perda de solo:

$$V = (G + R + S + Vg + C) / 5, \text{ onde:}$$

V = Vulnerabilidade;

G = vulnerabilidade para o tema Geologia;

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S = vulnerabilidade para o tema Solos;

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

Tabela 3.3 – Escala de vulnerabilidade das UTB's.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA	GRAU DE VULNERABILIDADE	GRAU DE SATURAÇÃO			
			VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2	2,9		255	51	0	
U3	2,8		255	102	0	
U4	2,7		255	153	0	
U5	2,6	MODERADAMENTE VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	2,5		255	255	0	
U7	2,4		204	255	0	
U8	2,3		153	255	0	
U9	2,2	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	2,1		51	255	0	
U11	2,0		0	255	0	
U12	1,9		0	255	51	
U13	1,8	MODERADAMENTE ESTÁVEL	0	255	102	
U14	1,7		0	255	153	
U15	1,6		0	255	204	
U16	1,5		0	255	255	
U17	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	1,3		0	153	255	
U19	1,2		0	102	255	
U20	1,1		0	51	255	
U21	1,0		0	0	255	

Fonte: Crepani, *et al.* (2001, p. 22).

- *Suscetibilidade à erosão laminar* (SALOMÃO, 1999)

Segundo Salomão (1999), a *suscetibilidade* à erosão laminar dos terrenos pode ser cartografada com base na análise dos fatores naturais que influenciam no desenvolvimento dos

processos erosivos (erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, declividade e comprimento das encostas).

Como aponta o autor, a erosão laminar se desenvolve fundamentalmente pela ocupação agrícola das terras, portanto esta metodologia visa estudar a influência relativa dos fatores citados, ponderando a partir de critérios fixados, a definição de classes de capacidade de uso das terras, normatizadas com a finalidade de utilização no planejamento de práticas de conservação do solo, tendo em vista o controle da erosão. Nesse sentido, a erodibilidade dos solos e a declividade das encostas são os fatores determinantes na definição das classes de *suscetibilidade*. Os fatores erosividade das chuvas e comprimento das encostas devem ser utilizados em complementação à avaliação final das classes de suscetibilidade (Figura 3.2).

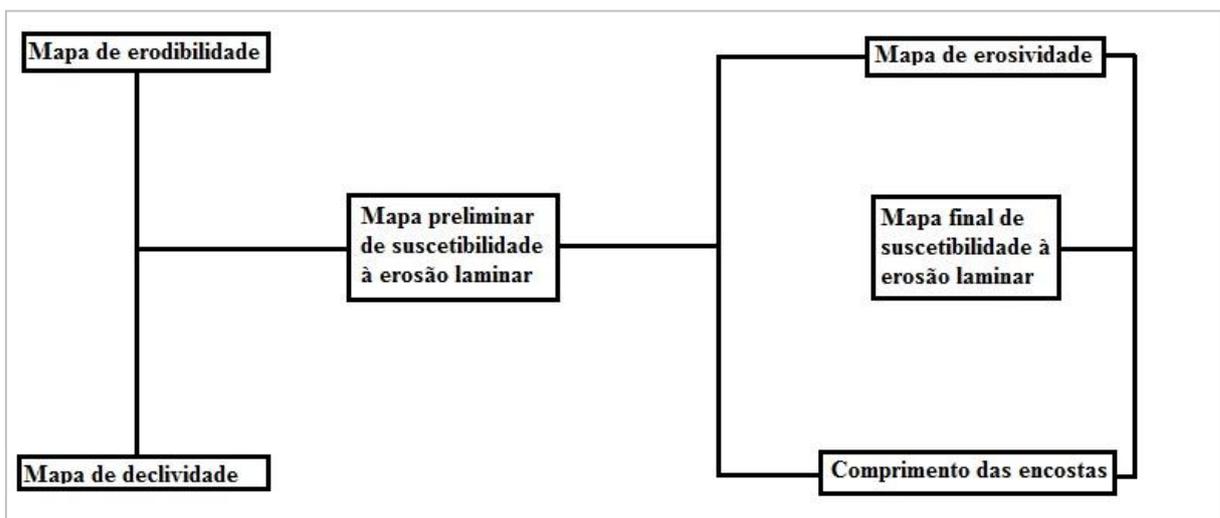


Figura 3.2 – Roteiro metodológico para a definição das classes de suscetibilidade à erosão.
Fonte: Salomão (1999, p. 237).

As etapas do roteiro metodológico são as seguintes:

- *1ª etapa: preparação das bases cartográficas e temáticas.*

Nessa etapa são elaboradas as bases topográficas em escala compatível com o projeto, contemplando a área objeto do projeto, e, por compilação são utilizadas outras informações, como mapas geomorfológicos e pedológicos. Esses mapas servirão de base para a determinação dos fatores naturais ligados ao relevo e aos solos.

- *2ª etapa: elaboração de mapas parciais dos fatores relacionados à erosão laminar.*

Todos os fatores naturais condicionantes da erosão laminar devem ser determinados em mapas parciais.

- *3ª etapa: elaboração de mapa preliminar de suscetibilidade à erosão laminar.*

Os dados de declividade e erodibilidade deverão ser integrados, tendo como critério de definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar sua compatibilização com a classe de capacidade de uso das terras. Essa integração pode ser feita segundo um cruzamento matricial, relacionando, por exemplo, quatro classes de declividade com cinco classes de erodibilidade.

Dessa forma, são definidas cinco classes de suscetibilidade à erosão laminar, compatibilizadas às classes de capacidade de usos das terras:

- ✓ CLASSE I: EXTREMAMENTE SUSCETÍVEL – Correspondem aos terrenos que apresentam problemas complexos de conservação, indicados para preservação ou para reflorestamento.
- ✓ CLASSE II: MUITO SUSCETÍVEL – Correspondem aos terrenos que apresentam problemas complexos de conservação, parcialmente favoráveis à ocupação por pastagens, sendo mais apropriados para reflorestamento.
- ✓ CLASSE III: MODERADAMENTE SUSCETÍVEL – Correspondem aos terrenos que apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas pastagens e culturas perenes.
- ✓ CLASSE IV: POUCO SUSCETÍVEL – Correspondem aos terrenos que apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas pastagens e culturas perenes e, eventualmente, culturas anuais, porém exigindo práticas intensivas mecanizadas de controle de erosão.
- ✓ CLASSE V: POUCO A NÃO SUSCETÍVEL – Correspondem aos terrenos sem problemas especiais de conservação, podendo ser utilizados com qualquer tipo de cultura. Nessa classe são incluídos terrenos com problemas simples de conservação, podendo ser utilizados com qualquer tipo de cultura, porém exigindo práticas não mecanizadas de controle de erosão. Finalmente, existem também nesta classe, outros terrenos sem problemas de conservação, mas exigindo técnicas especiais de cultivo, por se constituírem em solos encharcados.

- *4ª etapa: levantamentos de campo ao nível de reconhecimento visando à confirmação e ajustes necessários na definição das classes de suscetibilidade.*

O roteiro de campo deverá ser programado com base no mapa preliminarmente realizado. Todas as áreas com diferentes suscetibilidades à erosão laminar deverão ser percorridas, procurando contemplar os diferentes solos e relevos.

- *5ª etapa: elaboração final do mapa de suscetibilidade à erosão laminar.*

Com os ajustes necessários realizados no mapa preliminar, em função do reconhecimento de campo, proceder-se-á à sua análise por meio de sobreposição com os dados de erosividade e de comprimento de encostas. Isso permitirá definir com maior precisão as diferentes áreas/classes de suscetibilidade à erosão laminar.

O mapa de suscetibilidade à erosão laminar representa as características naturais dos terrenos, em face do desenvolvimento dos processos erosivos. Porém, a erosão laminar é também influenciada pela ação do homem, por meio das formas de uso e ocupação da terra. Áreas com mesmo nível de suscetibilidade, ocupadas de maneiras diferentes podem apresentar variados potenciais ao desenvolvimento da erosão laminar. O potencial de erosão laminar pode ser definido, portanto, como o resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras.

O método se baseia no cruzamento matricial do mapa de suscetibilidade à erosão laminar com o mapa de uso e ocupação da terra (Figura 3.3).

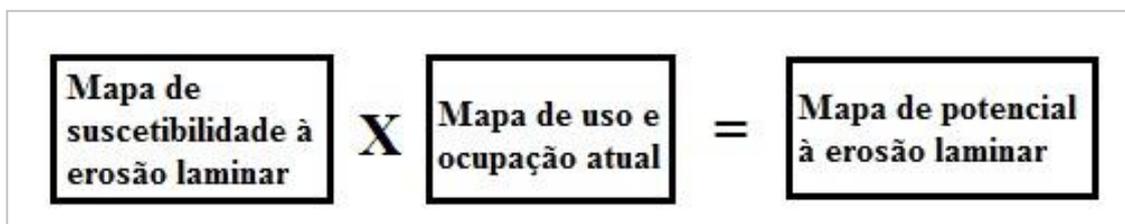


Figura 3.3 – Roteiro para a elaboração do mapa de potencial à erosão laminar.
Fonte: Salomão (1999, p. 241).

O mapa de uso e ocupação da terra deve contemplar diferentes formas de ocupação agrícola e coberturas vegetais. O critério adotado para o estabelecimento das classes de ocupação deverá ser o porte da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica no manejo da terra. O porte da cobertura vegetal reflete, de forma indireta, o nível de cobertura vegetal sobre o solo e, conseqüentemente, a proteção deste solo quanto aos processos erosivos. Assim, quanto maior o porte, maior a proteção contra a erosão. A atividade antrópica indica diretamente as áreas mais sujeitas à erosão laminar, uma vez que o uso intensivo aumenta o potencial de perdas de solo. Em resumo, a seguir, estão as cinco classes de uso e ocupação da terra:

- CLASSE I: cobertura vegetal de baixo a médio porte, com intensa atividade antrópica (culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas).
- CLASSE II: cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica moderada (culturas perenes, cana-de-açúcar e pastagens).
- CLASSE III: cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida (pasto sujo e campo cerrado).
- CLASSE IV: cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida (reflorestamento, capoeirão e florestas);
- CLASSE V: espelhos d'águas e várzeas, cujo potencial erosivo pode ser considerado nulo.

Por meio do cruzamento matricial das classes de suscetibilidade à erosão laminar com as classes de uso e ocupação da terra, será possível a determinação de três classes de potencial atual à erosão laminar.

- ✓ CLASSE I: Alto Potencial – uso atual incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar.
- ✓ CLASSE II: Médio Potencial – uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas.
- ✓ CLASSE III: Baixo Potencial – uso atual do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

- *Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados* (ROSS, 1994)

A metodologia elaborada por Ross (1994) possui semelhanças com as anteriores. Além da exigência de estudos básicos do relevo, do sub-solo, do uso da terra e do clima, é necessária a elaboração de produtos cartográficos, com auxílio de levantamentos de campo e interpretação de imagens de satélites. Dessa forma, podem ser gerados mapas temáticos sobre geologia,

geomorfologia, pedologia, uso da terra/vegetação e climatologia. O conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), assim como na metodologia de Crepani *et al.* (2001), foi utilizado como base.

Seguindo o princípio das metodologias anteriores, após a elaboração dos mapas temáticos básicos, é feito o cruzamento das informações contidas nos mesmos, resultando num produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada.

A metodologia de Ross (1994) segue as seguintes etapas:

- *1ª etapa: preparação dos mapas temáticos indicando a hierarquia das classes de declividade ou dos índices de dissecação do relevo;*

Para a análise em escalas médias e pequenas, como 1:50.000, 1:100.000 ou 1:250.000, utiliza-se como base de informação os Padrões de Formas e os Índices de Dissecação do Relevo, expressos através da Matriz dos Índices de Dissecação. Quando a análise é em maior detalhe, como em escalas de 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000, utilizam-se as formas das vertentes e as Classes de Declividade.

A Matriz dos Índices de Dissecação (Quadro 3.1) foi desenvolvida por Ross (1992), baseada na relação da densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal, com os graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical. A partir desta matriz se estabelecem as categorias morfométricas, classificadas de acordo com a tabela 3.4.

Já os intervalos de classes de declividade foram elaborados com base em estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola. Tais classes foram associadas com os conhecidos valores limites críticos da geotecnia, indicativos do vigor dos processos erosivos, além de outras dinâmicas, como movimentos de massa e inundações. O arranjo das categorias de classes de declividades é mostrado na tabela 3.5.

- 2ª etapa: preparação dos mapas temáticos indicando a hierarquia das classes de erodibilidade dos solos

Os critérios utilizados para a variável solos passam pelas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. As classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, foram agrupadas conforme mostra a tabela 3.6.

Quadro 3.1 – Matriz dos índices de dissecação do relevo

Densidade de Drenagem ou Dimensão Interfluvial Média (Classes)	Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito Alta (5)
	> 3750 m ou > 15 mm	1750 a 3750 m ou 3 a 15 mm	750 a 1750 m ou 3 a 5 mm	250 a 750 m ou 1 a 3 mm	< 250 m ou 1 mm
Graus de Entalhamento dos Vales (Classes)					
Muito Fraco (1) (< 20 m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (20 a 40 m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (40 a 80 m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (80 a 160 m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> 160 m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1994, p. 67).

Tabela 3.4 – Categorias morfométricas com base nas relações mostradas no quadro 4.1.

Categorias Hierárquica	Categorias Morfométricas
Muito Baixa	11
Baixa	21, 22, 12
Média	31, 32, 33, 13, 23
Alta	41, 42, 43, 44, 14, 24, 34
Muito Alta	51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45

Fonte: Ross (1994, p. 67).

Tabela 3.5 – Categorias hierárquicas das classes de declividades.

Categorias Hierárquicas	Intervalos de Declividades
Muito Baixa	Até 6%
Baixa	De 6 a 12%
Média	De 12 a 20%
Alta	De 20 a 30%
Muito Alta	Acima de 30%

Fonte: Ross (1994, p. 66).

Tabela 3.6 – Classes de fragilidade dos solos.

Categorias Hierárquicas	Tipos de Solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo Latossolo Vermelho-Escuro Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo Latossolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo Nitossolo Terra Bruna Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa Cambissolos
Muito Alta	Podzolizados com cascalho Neossolo Litólico Neossolo Quartzarênico

Fonte: adaptado de Ross (1994, 68).

- *3ª etapa: preparação dos mapas temáticos indicando a hierarquia das classes de proteção dos solos pela cobertura vegetal.*

A análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal. Esse trabalho é calcado inicialmente na interpretação de imagens de satélites ou aéreas, identificando as manchas dos diferentes tipos de coberturas, tais como matas naturais, capoeiras, bosques de silvicultura, culturas de ciclo longo e curto, pastos naturais e cultivados, entre outros. Em áreas urbanas é preciso distinguir os padrões de urbanização quanto à impermeabilização, áreas verdes, infraestruturas como canalização das águas pluviais, asfaltamento, guias e sarjetas, padrões das edificações, entre outros.

A hierarquia dos graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal, obedecendo em ordem decrescente a capacidade de proteção, é mostrado na tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Graus de proteção dos tipos de cobertura vegetal.

Categorias Hierárquicas	Tipos de Cobertura Vegetal
Muito Alta	Florestas Matas Naturais Florestas cultivadas com biodiversidade
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso Mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa Mata homogênea de Pinus densa Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado Cultivo de ciclo longo como o cacau
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento)
Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas

Fonte: Ross (1994, p. 68-69).

- *4ª etapa: estabelecer o cruzamento das informações dos mapas temáticos da Dissecação do Relevo/Declividade e da Erodibilidade dos Solos.*

Nesta etapa é elaborado um produto intermediário decorrente da relação solo/relevo.

- *5ª etapa: estabelecer o cruzamento das informações do mapa temático que mostra a relação solo/relevo com a de uso da terra/vegetação.*

Desta etapa resulta um produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada, com diferentes graus de hierarquia que mostram a fragilidade dos terrenos à ocorrência de processos erosivos.

Há semelhanças entre as três metodologias, que tem como princípio básico a formulação de bases cartográficas preliminares, que posteriormente serão relacionadas a fim de conseguir um produto cartográfico síntese. No caso das metodologias apresentadas, os produtos sínteses irão mostrar, hierarquicamente o potencial de ocorrência de processos erosivos.

No entanto, existem diferenças nos critérios adotados para elaborar os mapas temáticos preliminares e, também, o mapa síntese. Essa diferença entre as metodologias fará com que os resultados finais sejam diferenciados, mesmo para uma mesma área pesquisada. Além dos critérios, os parâmetros utilizados também são diferentes. Crepani *et al.* (2001) utilizam cinco planos de informações (geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, além do uso e ocupação da terra). Já Salomão (1999) utiliza basicamente quatro (os solos, o relevo, as chuvas e o uso e a ocupação da terra). Ross (1994) menciona o relevo, os solos, e o uso e a ocupação da terra, nem chegando a mencionar a elaboração de mapas relacionados aos eventos chuvosos. Porém, tais metodologias são “modificáveis”, com autores incluindo e excluindo os PI’s, os critérios e outras formas de elaboração dos mapas temáticos, de acordo com o contexto da área que será estudada, o financiamento que a pesquisa possui, a disponibilidade de dados, o tempo que será gasto para a elaboração do estudo, entre outros. Todas essas modificações resultam na alteração dos resultados.

Por exemplo, Spori e Ross (2004) fazem uma comparação entre três modelos metodológicos aplicados aos estudos de fragilidade ambiental. A aplicação destes modelos resultou na elaboração de três mapas que apresentaram resultados diferenciados em relação à fragilidade. Dessa forma foi feita uma análise dos resultados, comparando-os entre si. Dos três modelos aplicados, dois foram propostos por Ross (1994), um com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo, e o outro nas Classes de Declividade. O terceiro modelo foi proposto por Crepani *et al.* (2001), baseado nas Unidades Territoriais Básicas (UTB’s).

Diante dos resultados dos três modelos trabalhados, Spori e Ross (2004) apontam que não é possível escolher o melhor modelo de fragilidade ambiental, pois não foi feita uma comparação entre os resultados e a realidade em campo. Mas, pelas análises e comparações executadas, foram detectadas certas deficiências. O principal problema observado está relacionado à atribuição de “pesos” às variáveis. Estes pesos devem indicar a contribuição relativa de cada uma das variáveis (relevo, solo, rocha, cobertura vegetal e clima) na determinação do grau de fragilidade de uma área. Esta avaliação é geralmente arbitrária e subjetiva, pois é complicado avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribuiu para se

estabelecer o grau de fragilidade. Esta dificuldade em atribuir pesos a cada uma das variáveis é que explica as divergências apresentadas entre os modelos de fragilidade ambiental avaliados.

Melo e Santos (2010) fizeram trabalho semelhante em outra área, com as mesmas metodologias escolhidas por Sporn e Ross (2004). Aqueles autores obtiveram resultados semelhantes aos dos últimos, avaliando que a utilização de modelos prontos nem sempre resultará em informações que contemplem a realidade local, podendo gerar resultados díspares em relação aos problemas da área pesquisada.

Além disso, apesar das três metodologias expostas anteriormente serem semelhantes em relação ao trabalho com os dados e a elaboração de um produto cartográfico síntese, as mesmas apresentam conceitos diferentes para avaliar a condição ou a predisposição de certo território à ação de processos erosivos. Os três conceitos são vulnerabilidade, suscetibilidade e fragilidade.

3.1. Os conceitos de vulnerabilidade, suscetibilidade e fragilidade

Estes três conceitos são tidos como sinônimos e são usados, principalmente nas ciências ambientais, sem nenhuma preocupação em conhecê-los e distingui-los. Muitas vezes são utilizados concomitantemente em um mesmo texto científico. Porém, existem autores que procuram defini-los e diferenciá-los.

O conceito de vulnerabilidade, principalmente na Geografia, é atrelado às questões humanas, principalmente àquelas que estão diretamente ligadas ao aumento ou diminuição da vulnerabilidade de uma pessoa, comunidade ou local em relação a uma ameaça, como eventos relacionados a inundações ou movimentos de massa. Tominaga (2009, p. 151), por exemplo, define vulnerabilidade como:

Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistências de construções e proteção de infraestruturas) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

Rocha (2005) tem interpretação semelhante, quando aponta que o termo vulnerabilidade define a probabilidade de que uma comunidade exposta ao impacto de uma ameaça natural possa sofrer danos, segundo o grau de fragilidade de seus elementos (infraestrutura, construções, atividades produtivas).

Assim, o conceito de vulnerabilidade representa uma condição de determinada pessoa, comunidade ou local de receber as consequências de um evento natural. Ou seja, quanto maior a vulnerabilidade de uma comunidade, por exemplo, maior será o grau de perda, seja financeira, patrimonial ou relacionado a danos à saúde. O contrário indica que quanto menor a vulnerabilidade, o grau de perda também será menor. Bitar, *et al.* (p. 3) apontam isto quando definem vulnerabilidade da seguinte maneira: “[...] *as consequências de um evento dependem da vulnerabilidade dos elementos expostos, representada por um fator denominado grau de perdas e danos, variável entre 0 (sem perdas e danos) e 1 (com perdas e danos totais)*”.

Outros autores concordam que a vulnerabilidade está relacionada com o grau de perdas e danos que um elemento pode sofrer devido a um evento, mas estes eventos não são somente naturais, como mencionam Julião *et al.* (2008, p. 21) quando relatam que a vulnerabilidade representa o “[...] *grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade*”.

Mas há autores que não associam a vulnerabilidade somente às questões humanas, mas também naturais. Assinalam que uma paisagem pode ser vulnerável aos processos, ações, atividades ou fenômenos, sejam humanas ou não. Nestes casos, o conceito é denominado de vulnerabilidade ambiental, como colocam Costa, *et al.* (2007, p. 2493). Assim, segundo estes autores, a vulnerabilidade ambiental pode ser compreendida como “[...] *o risco de degradação do ambiente natural, relacionada à erosão do solo, perda de biodiversidade, assoreamento, contaminação do recurso solo – água etc*”. Esta definição não cita diretamente a ação do homem, apesar da degradação do ambiente natural estar diretamente associada às suas ações.

A vulnerabilidade ambiental, na acepção de Costa, *et al.* (2007), é dependente do conceito de suscetibilidade e vice-versa, pelo menos no âmbito das geociências aplicadas. Bitar, *et al.* (2014, p. 3) definem suscetibilidade como a “[...] *a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico*”. Entende-se, comparando a definição dos conceitos de vulnerabilidade ambiental com suscetibilidade, que quanto mais

vulnerável estiver um local, território ou paisagem, mais suscetível estará à ocorrência de certo fenômeno ou processo do meio físico.

Por exemplo, imagine uma encosta com alta declividade com duas situações distintas. Na primeira, a encosta está ocupada predominantemente por vegetação nativa, de médio a grande porte, com vários estratos de vegetação do dossel à superfície. Na segunda, a encosta foi submetida a um forte desmatamento, para ser utilizada como pastagem, predominando a vegetação herbácea não cultivada, com grande pisoteio de gado e sujeita a queimadas anuais. Nos dois casos, existe a possibilidade de ocorrência de processos erosivos, no entanto, no segundo caso a chance de isso acontecer é maior. Ou seja, nas duas situações a suscetibilidade de ocorrência da erosão é admissível, mas no segundo caso, a suscetibilidade é maior devido às condições de proteção dos solos. No segundo caso, a vulnerabilidade do solo (o elemento exposto) é maior que no primeiro, pois o grau de proteção do solo é menor, estando mais vulnerável à ação das águas das chuvas. Já no primeiro caso, seguindo esta mesma interpretação, a vulnerabilidade do solo é menor, pois sua proteção é maior, portanto sendo menos suscetível a ocorrência de erosão pela ação da água da chuva. Assim, neste exemplo, quanto maior a vulnerabilidade do solo, ou seja, quanto menor sua proteção, maior será a suscetibilidade da ocorrência de erosão, e vice-versa.

Assim, a suscetibilidade representa as chances de uma área ser afetada por um determinado evento. Julião, *et al.* (2008, p. 20) seguem esta ideia na medida em que definem a suscetibilidade como a “[...] *a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações*”. Já a vulnerabilidade representa as condições do elemento exposto em receber as consequências de certo evento, aumentando ou diminuindo as chances de ocorrências de certo fenômeno, como a erosão.

É o que significa a definição de Ogura, *et al.* (2013, p. 27) acerca da suscetibilidade, quando a definem como “[...] *a possibilidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência*”. O termo probabilidade significa as chances de determinado evento ocorrer, ou seja, o mesmo ainda não aconteceu, está no futuro. Os trabalhos que utilizam o conceito de suscetibilidade, pelo menos nas geociências aplicadas, têm a intenção de fazer prognósticos, indicando as chances de determinado evento ocorrer. Maiores serão as possibilidades de ocorrência quanto maior for a vulnerabilidade das áreas estudadas, mostrando a interdependência destes dois

conceitos. Apesar de serem usados como sinônimos nas ciências ambientais por alguns autores, os mesmos têm suas diferenças e particularidades.

Outro conceito que está intimamente ligado aos de vulnerabilidade e suscetibilidade é o de fragilidade. Segundo Goldsmith (*apud* GIMENES e AUGUSTO FILHO, 2013, p. 6564), a fragilidade ambiental é uma,

[...] área com elevada sensibilidade inerente, como uma área alagada, uma duna costeira e regiões montanhosas, que são potencialmente instáveis. É feita ainda uma distinção entre fragilidade e vulnerabilidade, assumindo que uma área é inerentemente frágil, mas é vulnerável a uma ameaça externa como mudança no uso do solo, por exemplo.

Utilizando o exemplo anterior para incluir o conceito de fragilidade na discussão, imagine uma encosta com elevada declividade, nas duas situações distintas citadas anteriormente. A primeira situação com a encosta protegida por vegetação arbórea, e a segunda modificada e utilizada pelo homem. Vimos que as duas situações são suscetíveis à ocorrência de erosão, mas a primeira situação tem menor vulnerabilidade e a segunda maior. Isso faz com que a suscetibilidade de ocorrer erosão diminua no primeiro caso e aumente no segundo, devido ao grau de proteção dos solos à ação das águas das chuvas serem distintos. Mas o elemento exposto, ou seja, aquele que é suscetível de sofrer a erosão (o solo) pode ser inerentemente mais frágil ou menos frágil, de acordo com suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Um solo com características que facilitem a erosão é um solo mais frágil, enquanto um que dificulta, é um menos frágil.

Um solo que é inerentemente frágil à erosão, localizado numa encosta de acordo com a primeira situação, continuará sendo um solo propenso à erosão (ou seja, mais frágil), mas está menos vulnerável à ação das águas das chuvas e, portanto, menos suscetível de sofrer erosão. Mas se estiver localizado em uma encosta de acordo com a segunda situação, será ainda um solo inerentemente frágil, porém mais vulnerável e mais suscetível aos processos erosivos. Nesse caso, a fragilidade do solo não muda. O que muda é a situação do mesmo à ação das águas das chuvas, ou seja, sua vulnerabilidade e suscetibilidade.

Dentro do conceito de fragilidade ambiental, Kawakubo, *et al.* (2005) destacam dois termos distintos: o de fragilidade potencial e o de fragilidade emergente. A fragilidade potencial de uma área pode ser definida como a vulnerabilidade natural que um ambiente apresenta em função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo. Já a fragilidade

emergente considera, além das características físicas, os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente.

Seguindo este raciocínio, a fragilidade potencial se refere ao significado que Goldsmith (*apud* GIMENES e AUGUSTO FILHO, 2013) deu ao conceito de fragilidade. Ou seja, a fragilidade potencial é a fragilidade inerente que um ambiente apresenta em função de suas características físicas. Já a fragilidade emergente está diretamente ligada aos conceitos de vulnerabilidade e suscetibilidade, na medida em que o uso e ocupação da terra são inseridos na análise, fazendo com que o elemento exposto, com sua fragilidade inerente, seja mais ou menos vulnerável de acordo com usos e modificações feitas na área. Se o elemento exposto se tornar mais vulnerável, conseqüentemente se tornará mais suscetível à ação de um evento, e vice-versa.

3.2 Escolha do conceito e da metodologia para a presente pesquisa

Comparando-se as três metodologias (ROSS, 1994; CREPANI *et al.*, 2001; SALOMÃO, 1999), e os respectivos conceitos utilizados nas mesmas, constatou-se que a escolha mais adequada para a presente pesquisa é a metodologia elaborada por Ross (1994), além da utilização do conceito de fragilidade ambiental, que se divide em dois termos distintos: fragilidade potencial e fragilidade emergente.

O objetivo central desta pesquisa é avaliar a probabilidade de ocorrer erosão nos diferentes terrenos da BHCS D, sendo o elemento exposto, ou seja, o solo que irá sofrer os processos erosivos pela ação da água das chuvas. Os tipos de solos que estão inseridos na bacia possuem suas diferentes fragilidades inerentes, devido às suas propriedades físicas e químicas particulares, associadas às diferentes declividades em que se encontram, resultando numa fragilidade potencial à erosão. Já os distintos usos e proteções destes solos, os colocam mais ou menos vulneráveis à ação da água das chuvas, conseqüentemente os deixando mais ou menos suscetíveis a essa ação. A fragilidade emergente se insere como um conceito integrador dos conceitos de vulnerabilidade e suscetibilidade, que são complementares. Quando se insere o uso e ocupação da terra na análise, insere-se também o conceito de fragilidade emergente (com o de vulnerabilidade e suscetibilidade), sendo a proteção do solo um fator influente no aumento

ou na diminuição das probabilidades de ocorrer processos erosivos na bacia. Portanto, o conceito de fragilidade ambiental é o mais adequado para a presente pesquisa.

A metodologia de Ross (1994) segue, basicamente, os mesmos princípios básicos das outras duas, buscando uma integração de mapas básicos que resulte em um mapa síntese de fragilidade ambiental. Os planos de informações básicos utilizados nesta metodologia são os relacionados à declividade, aos solos e aos usos e ocupações das terras. Como para a área da presente pesquisa existem exatamente os dados e informações desses três planos de informações, esta metodologia torna-se mais adequada.

Apesar da utilização da metodologia de Salomão (1999) também ser possível, o conceito utilizado na mesma não é o mais adequado para esta pesquisa. Além disso, essa metodologia foi elaborada para ser utilizada em áreas rurais. Embora a proposta de Ross também seja, originalmente, para áreas rurais, foram necessárias algumas readaptações para ser utilizada em áreas urbanas, o que será mais bem explicado no capítulo 4.

Já a metodologia de Crepani *et al.* (2001) foi proposta para estudar grandes áreas, como o território amazônico. Dessa forma, esta não seria adequada visto que a escala a ser trabalhada na presente pesquisa é maior do que a utilizada na proposta destes autores, além de o conceito de *vulnerabilidade* também não ser o mais adequado para esta pesquisa.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de construir uma base conceitual e teórica para pesquisar os ambientes ditos “naturais” e “antropizados”, Ross (1990, 1992, 1994, 1995, 1997, 2009), ao longo de sucessivos trabalhos, desenvolveu estudos que tinham por finalidade uma análise integrada da paisagem.

A análise da fragilidade ambiental é uma proposta de classificação cujo princípio básico é definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais e/ou modificados pelas atividades humanas. A delimitação das unidades de fragilidade ambiental de uma área é importante como subsídio ao planejamento ambiental e territorial, na medida em que a identificação das fragilidades potenciais e emergentes permite melhor definição de diretrizes e ações a serem implantadas no território (SANTOS e ROSS, 2012).

A definição dessas unidades considera as diferentes formas de uso e ocupação da terra e compartilha conceitos e princípios da ecodinâmica. O conceito de unidade ecodinâmica foi preconizado por Tricart (1977), que enfocava as relações entre os diversos componentes da dinâmica ambiental e os fluxos de matéria e energia.

Tricart (1977, p. 33), expõe como exemplo, e de maneira didática, a relação da cobertura vegetal com a morfodinâmica:

O escoamento torrencial provocado pela erosão pluvial e o desaparecimento da interceptação pela vegetação fazem com que a água deixe de ser um recurso, capaz de alimentar as plantas, os animais e os homens, por meio das fontes e poços, entre os períodos de chuvas, para se tornar destrutiva, causando danos pelas inundações, a devastação de terras, colheitas, obras públicas, prédios e até vidas humanas. Ao contrário, a água que se infiltra, armazenada no solo, alimenta as plantas; acumulada nas zonas de alteração e nos aquíferos, é protegida em grande parte contra a evaporação, num armazenamento gratuito e mais eficaz do que num açude onde a evaporação muito maior pode provocar a concentração de sais, como ocorre no Nordeste brasileiro. Aquele armazenamento gratuito permite a restituição da água nos períodos de estiagem, quando ela tem alto valor econômico na alimentação de sistemas de irrigação e centrais hidrelétricas, no abastecimento da população e das indústrias.

Fica claro, na explanação anterior, que a modificação da cobertura vegetal resulta numa interação diferenciada entre as águas das chuvas e os locais em que as mesmas irão se precipitar. Dessa forma, a ecodinâmica, defendida por Tricart, incentiva uma maneira dinâmica de abarcar

os problemas ambientais e, por conseguinte, introduzir critérios de ordenação e gestão do território. Ao contrário de se fazer um simples inventário, que não leva em consideração a dinâmica do ambiente, tratando-o como um meio inerte, utilizando-se de dados e informações imutáveis.

Para a definição das unidades ecodinâmicas, Tricart (1977) considerou a relação entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos. Para qualificar a ecodinâmica das paisagens é importante considerar o balanço entre a morfogênese e a pedogênese, definindo a maior ou menor estabilidade dos ambientes em decorrência da intensidade dos processos. Quando a relação for favorável à pedogênese, maior é a estabilidade do ambiente. Quando a relação for favorável à morfogênese, configura um ambiente instável ecodinamicamente. Os ambientes em transição são aqueles em que não há predomínio de nenhum dos dois processos.

Tricart (1977) propôs, com base nas relações entre a morfogênese e a pedogênese, três meios ecodinâmicos, sendo estes, estáveis, intergrades (de transição) e instáveis.

Os ambientes estáveis são aqueles em que os processos pedogenéticos predominam em relação aos morfogenéticos. O modelado do relevo evolui lentamente, com fraca atuação dos processos mecânicos, tendo baixo potencial erosivo. Há uma cobertura vegetal bem desenvolvida e pouco alterada pelas atividades humanas, assemelhando-se às condições da vegetação original.

Os ambientes de transição ou intergrades se caracterizam pela não predominância da pedogênese e nem da morfogênese. Assim, a formação dos solos e do relevo se encontra em uma relação que pode favorecer uma ou outra condição.

Nos ambientes instáveis, os processos morfogenéticos são predominantes, estando os elementos do sistema subordinados a morfogênese. Os processos erosivos são intensos, por vezes acarretando problemas ambientais. Nessas situações, as reservas paisagísticas são comprometidas, com grande remoção de solos e prejuízos nas atividades biológicas e socioeconômicas.

Santos e Ross (2012) explanam que o estabelecimento de apenas três meios ecodinâmicos reduz as possibilidades de utilização da metodologia proposta por Ross (1994). Por mais que o ambiente esteja no chamado estado de estabilidade, o mesmo tende à instabilidade, principalmente quando se considera as transformações produzidas pelas atividades humanas.

Na tentativa de superar essa limitação, Ross (1994) ampliou o conceito de unidades ecodinâmicas, estabelecendo as unidades de instabilidade potencial e as unidades de instabilidade emergente, classificando-as em cinco níveis hierárquicos, variando de muito baixa a muito alta. Desconsiderou o meio intergrade devido à imprecisão de definição dessa unidade.

Assim, tanto a fragilidade potencial como a emergente são hierarquizadas numa classificação qualitativo-numérica mostrada na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Classificação das unidades de fragilidade.

Unidades de Fragilidade	Classificação dos níveis de intensidade da fragilidade	
	Qualitativa	Numérica
Fragilidade Potencial	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Alta	4
	Muito Alta	5
Fragilidade Emergente	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Alta	4
	Muito Alta	5

Fonte: adaptado de Ross (1994). Elaborado pelo autor.

4.1. Mapeamentos preliminares para a análise da Fragilidade Ambiental

O diagnóstico da fragilidade ambiental de qualquer área passa por pesquisas que abarcam estudos básicos em solos, relevo, subsolo, cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, clima, entre outros. No entanto, Ross (1994) deu destaque a três componentes nos aspectos metodológicos: relevo (focando na declividade e nos índices de dissecação), solos e uso e cobertura da terra. Os critérios de cada uma destas componentes para a análise da fragilidade ambiental foram destacados no capítulo 3.

4.1.1. Intervalos de classes de declividade

Ross (1994) sugere a utilização das classes de declividade para estudo de maior detalhamento (1:25.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000). Os intervalos de classes de declividade foram recomendados com base em estudos de aptidão agrícola, associados com outros que apontam os valores limites críticos de geotecnia, indicativos do vigor dos processos erosivos (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Intervalos de declividades segundo os estudos de aptidão agrícola e de geotecnia.

Hierarquia	Intervalos de Declividades
1	< 3%
2	3 a 6%
3	6 a 12%
4	12 a 20%
5	20 a 30%
6	30 a 50%
7	> 50%

Fonte: adaptado de Ross (1994). Elaborado pelo autor.

Mas conforme apontam Santos e Ross (2012), em ambientes urbanos as alterações antropogênicas são bastante acentuadas, devendo-se utilizar as classes de declividade que considerem as especificidades do sítio urbano em investigação.

A proposta de Ross (1994) não discrimina as áreas de encostas da BHCS D, pois as mesmas possuem declividades elevadas, geralmente maiores que 30%. Seguindo a proposta deste autor, grande parte da área seria considerada como categoria hierárquica “Muito Alta”. Outros intervalos de declividade são apresentados na tabela 4.3, que mostram as propostas de Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e EMBRAPA (2006).

Para comparação, foram elaborados três mapas temáticos da BHCS D mostrando as categorias hierárquicas das diferentes classes de declividade, cada um seguindo uma das propostas apresentadas na tabela 4.3. As figuras 4.1, 4.2 e 4.3 mostram a espacialização das diferentes categorias, que variam do nível 1 (Muito Baixa) a 5 (Muito Alta), mostrando a fragilidade à erosão laminar a partir da declividade.

Os mapas de declividade foram elaborados a partir do *shapefile* das curvas de nível (espaçamento 10 por 10 metros) fornecido pela PMU. A partir do mesmo foi feito um Modelo Digital de Elevação (MDE) da BHCS D no *software* ARCGis 10[®]. A ferramenta utilizada para isso foi a *3D Analyst*, a qual transforma o arquivo *shapefile* das curvas de nível em um arquivo em formato TIN (*Triangulated Irregular Networks*). A partir deste arquivo é criado um arquivo matricial que representa o relevo da bacia (o MDE). De posse do arquivo matricial é possível criar outro arquivo matricial que representa as declividades da área, com o uso da ferramenta *slope*. Posteriormente, foram feitas classificações nas quais se definiram os intervalos de declividade, criando-se três arquivos matriciais, um para cada mapa. Tal classificação foi feita através da ferramenta *reclassify*.

Percebe-se, a partir da comparação entre os três mapas (Tabela 4.4), que a categoria “Muito Alta”, na primeira proposta possui área superior às outras classes, enquanto na segunda e terceira propostas essa classe aparece com a segunda e terceira maior área, além de mais espaçada.

A categoria “Muito Baixa” foi a que apresentou as menores alterações de área nas três propostas, ao contrário da “Alta”, que aumentou consideravelmente na segunda e terceira proposta em relação à primeira.

A categoria “Baixa” diminuiu da primeira para a segunda proposta, assim como para a terceira. Percebe-se, comparando os três mapas, que esta categoria aparece muito pouco quando aplicada a metodologia de Crepani *et al.* (2001), não tendo, praticamente, nenhuma representatividade. Já a categoria “Média” aumenta da primeira até a terceira proposta.

Tabela 4.3 – Intervalos de declividades utilizados em diferentes propostas metodológicas.

Categorias Hierárquicas	Ross (1994)	EMBRAPA (2006)	Crepani <i>et al.</i> (2001)
1. Muito Baixa	< 6%	< 3%	< 2%
2. Baixa	6 a 12%	3 a 8%	2 a 6%
3. Média	12 a 20%	8 a 20%	6 a 20%
4. Alta	20 a 30%	20 a 45%	20 a 50%
5. Muito Alta	> 30%	> 45%	> 50%

Fonte: adaptado de Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e EMBRAPA (2006). Elaborado pelo autor.

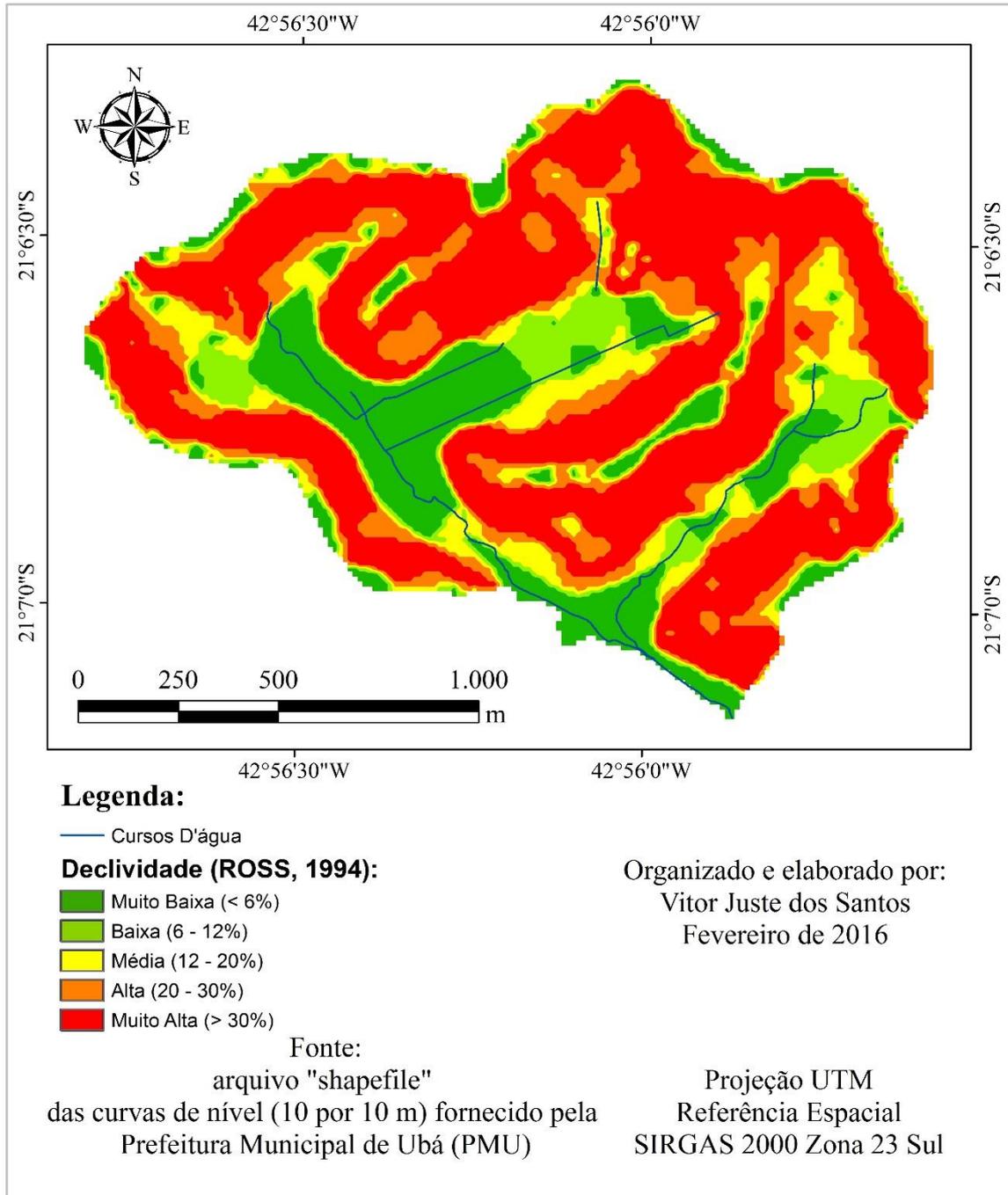


Figura 4.1 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCSD, segundo metodologia de Ross (1994).

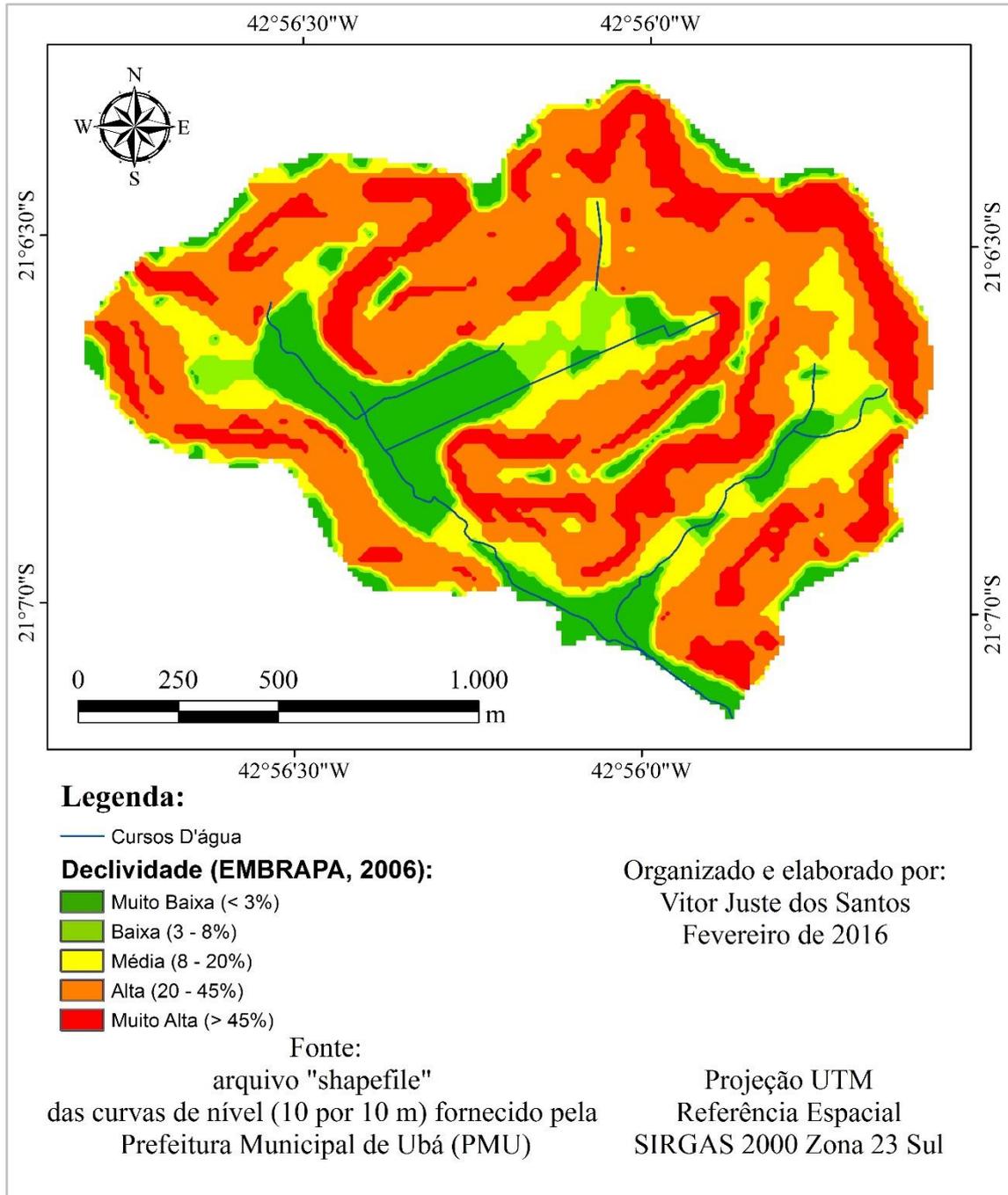


Figura 4.2 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCS D, segundo proposta da EMBRAPA (2006).

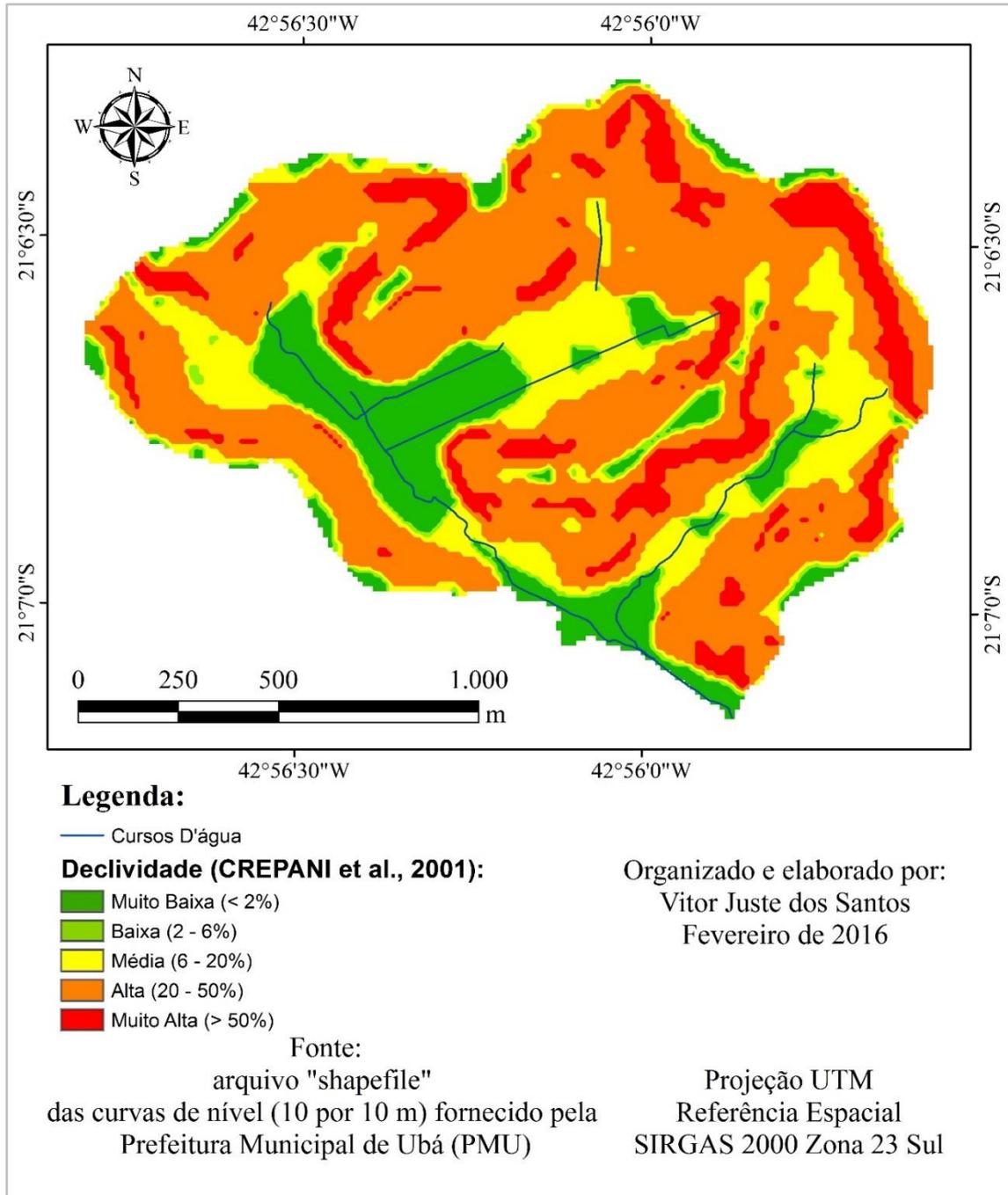


Figura 4.3 – Categorias hierárquicas de declividade da BHCSD, segundo metodologia de Crepani *et al.* (2001).

Tabela 4.4 – Área ocupada na BHCS D, por intervalos de declividades segundo diferentes metodologias.

Categorias Hierárquicas	Ross (1994)	EMBRAPA (2006)	Crepani <i>et al.</i> (2001)
1. Muito Baixa	349.911,76 m ² (17,15%)	309.573,05 m ² (15,17%)	293.413,68 m ² (14,38%)
2. Baixa	157.336,47 m ² (7,71%)	96.480,36 m ² (4,73%)	54.972,51 m ² (2,69%)
3. Média	222.934,93 m ² (10,93%)	321.872,62 m ² (15,78%)	379.373,15 m ² (18,59%)
4. Alta	319.276,30 m ² (15,65%)	914.409,25 m ² (44,81%)	1.059.299,36 m ² (51,92%)
5. Muito Alta	990.874,68 m ² (48,56%)	397.998,86 m ² (19,51%)	253.275,44 m ² (12,41%)
Total	2.040.334,14 m ² (100%)	2.040.334,14 m ² (100%)	2.040.334,14 m ² (100%)

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa variação das categorias hierárquicas de uma proposta para as outras mostra o quanto a escolha dos intervalos, mesmo que de um mesmo parâmetro (no caso, a declividade) pode alterar sensivelmente os resultados da aplicação de uma mesma metodologia, como já observaram Sporn e Ross (2004) e Melo e Santos (2010).

Porém, mesmo com as modificações entre uma proposta e outra, a categoria “Muito Alta” predomina na primeira, e a “Alta” predomina na segunda e terceira, o que é reflexo do relevo movimentado da BHCS D, com as encostas dos morros tendo grandes declividades, como foi apresentado no capítulo 2.

Para a presente pesquisa se optou pela proposta da EMBRAPA (2006), por representar melhor a declividade da bacia, discriminando melhor a variação de declividade tanto nas áreas de encostas como nas planícies de inundação, diferente da proposta de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001).

4.1.2. Pedoformas

Cabe deixar claro que não existe um mapeamento das unidades pedológicas para Ubá em escala 1:10.000, ou seja, para a escala trabalhada nesta pesquisa. O mapeamento mais detalhado dos solos do município está na escala 1:50.000 (ABRAHÃO *et al.*, 2000). Tal mapeamento foi elaborado em 2000, numa parceria entre a Prefeitura Municipal de Ubá (PMU), Instituto

Estadual de Floresta (IEF) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), e foi denominado de SIG Ubá, criando uma base de dados georreferenciados em escala 1:50.000 (PIRES, 2010).

O município de Ubá foi dividido em três unidades e 11 subunidades pedogeomorfológicas, conforme a atuação pedogenética das formas de relevo e das classes de declividade (ABRAHÃO *et al.*, 2000).

As três principais unidades são “Planalto Deprimido de Ubá”, “Serra de Ubari (Serra do Sacramento/da Pedra Branca)” e “Planalto Soerguido de Ubari”. As 11 subunidades são “Diamante-Ubeba”, “Colônia-Rodeiro”, “Aeroporto”, “Emboque”, “Ubá-Ubá Pequeno”, “Alfenas”, “Formiga”, “Floresta”, “Tanque Grande”, “Ubari” e “Silva” (ABRAHÃO *et al.*, 2000).

A subunidade que é diretamente importante para esta pesquisa é a “Ubá-Ubá Pequeno”, pois a BHCS D está inserida na mesma. Esta, está contida no “Planalto Deprimido de Ubá”, que ocupa a maior parte do território municipal, compreendendo as superfícies de menor altitude (ABRAHÃO *et al.*, 2000).

A subunidade “Ubá-Ubá Pequeno” se destaca por apresentar feições alveolares com dissecamento alinhado, com pequena deposição no fundo dos vales próximos às encostas. Estes solos de baixadas, mesmo quando já bem drenados ou moderadamente drenados, apresentam pedogênese incipiente ou, com maior frequência, apenas o desenvolvimento de um horizonte A sobre camadas de sedimentos que pouco se diferenciam quanto a sua procedência. Assim, a presença de Neossolos Flúvicos (aluviais) e Cambissolos Flúvicos é expressiva (ABRAHÃO *et al.*, 2000).

Em encostas mais íngremes com feições côncavas, a erosão do horizonte B latossólico e o horizonte C, de coloração frequentemente mais rósea, torna-se visível na superfície do solo. Os solos nessas áreas são naturalmente mais susceptíveis à erosão, devido ao horizonte C apresentar alto teor de silte e micas (muscovita). Assim, quando manejado de forma indevida, estes solos se tornam ainda mais erodíveis, principalmente com o uso do pastoreio intensivo e da queima da pastagem natural. É muito comum, portanto, a presença de Latossolos câmbicos, ou quando satisfazem a condição de horizonte B incipiente, os Cambissolos latossólicos (ABRAHÃO *et al.*, 2000).

Na BHCS D existem quatro unidades de mapeamento de solos, destacadas na tabela 4.5 e na figura 4.4.

Devido à escala do mapeamento de Abrahão *et al.* (2000) não ser adequada para o estudo da bacia, que é de 1:10.000, optou-se por elaborar um mapa que mostre as pedoformas da BHCS D na escala trabalhada. Portanto, o mapa apresentado neste item não é um mapa de solos, mas sim um mapa exploratório que relaciona as formas do relevo com os tipos de solos associados.

Primeiramente, para a elaboração deste mapa, foi feita uma compartimentação do relevo da bacia, a partir da interpretação visual da imagem de satélite de 2014, obtida do *software Google Earth Pro*, do mapa dos intervalos de declividades propostos pela EMBRAPA (2006), do mapa de curvatura que mostra as formas das feições do relevo (côncavo, convexo e retilíneo) e pela observação da paisagem em trabalhos de campo. Assim, a BHCS D foi compartimentada em quatro tipos de feições (Tabela 4.6).

Tabela 4.5 – Características das unidades de mapeamento dos solos da BHCS D.

UNIDADES DE MAPEAMENTO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS
LVA1	Compreende os solos mais intemperizados, remanescentes da dissecação erosiva, ocupando os topos planos dos morros, as encostas menos acidentadas ou de pedoforma mais estável, tais como de curvatura e perfil côncavos e/ou planos. Distribui-se de forma generalizada em toda a unidade pedogeomorfológica do “Planalto Deprimido de Ubá”.
LVA2	Figuram os Latossolos que estão sendo rejuvenescidos pela erosão. No entanto, devido ao profundo intemperismo, mesmo do saprolito, os Cambissolos apresentam características latossólicas e os Latossolos erodidos, por sua vez, apresentam atributos câmbicos. Esta unidade está associada a posições na paisagem de relevo acidentado, predominantemente montanhoso e escarpado, e com maior frequência em pedoformas de curvatura e perfil côncavos ou curvatura côncava e perfil plano. Devido à instabilidade condicionada pela pedoforma e pela declividade, bem como pela instabilidade estrutural promovida pelo maior teor de silte, esta unidade é naturalmente propensa à erosão em áreas rurais, e, principalmente, em áreas urbanas.
LVA4	Compreende os Latossolos e Argissolos posicionados em relevo plano, suave ondulado e ondulado. Também estão incluídos nesta unidade os solos derivados de depósitos aluviais suficientemente drenados de forma a diferenciar horizontes pedogenéticos, originando Argissolos, Cambissolos e Neossolos, apresentando lençol freático mais próximo da superfície.
RU1	Abarca os solos rudimentares e incipientes submetidos a sedimentação fluvial e/ou processos de hidromorfismo de forma menos acentuada que na unidade RU2. Distribui-se por toda a extensão municipal, frequentemente anexa a áreas de solos submetidos a hidromorfismo mais acentuado.

Fonte: adaptado de Abrahão *et al.* (2000).

A compartimentação do relevo seguiu dois critérios: 1) um seguindo as características morfométricas relativas à declividade e à curvatura; 2) o outro foi a complementação dessa classificação morfométrica através da interpretação visual da imagem de satélite e dos trabalhos de campo, buscando segmentar as feições de acordo com as definições do IBGE (2009) mostradas na tabela 4.6. Os polígonos que representam as feições do relevo foram feitos no *software ARCGis 10[®]*, através da ferramenta *Editor*, de forma manual.

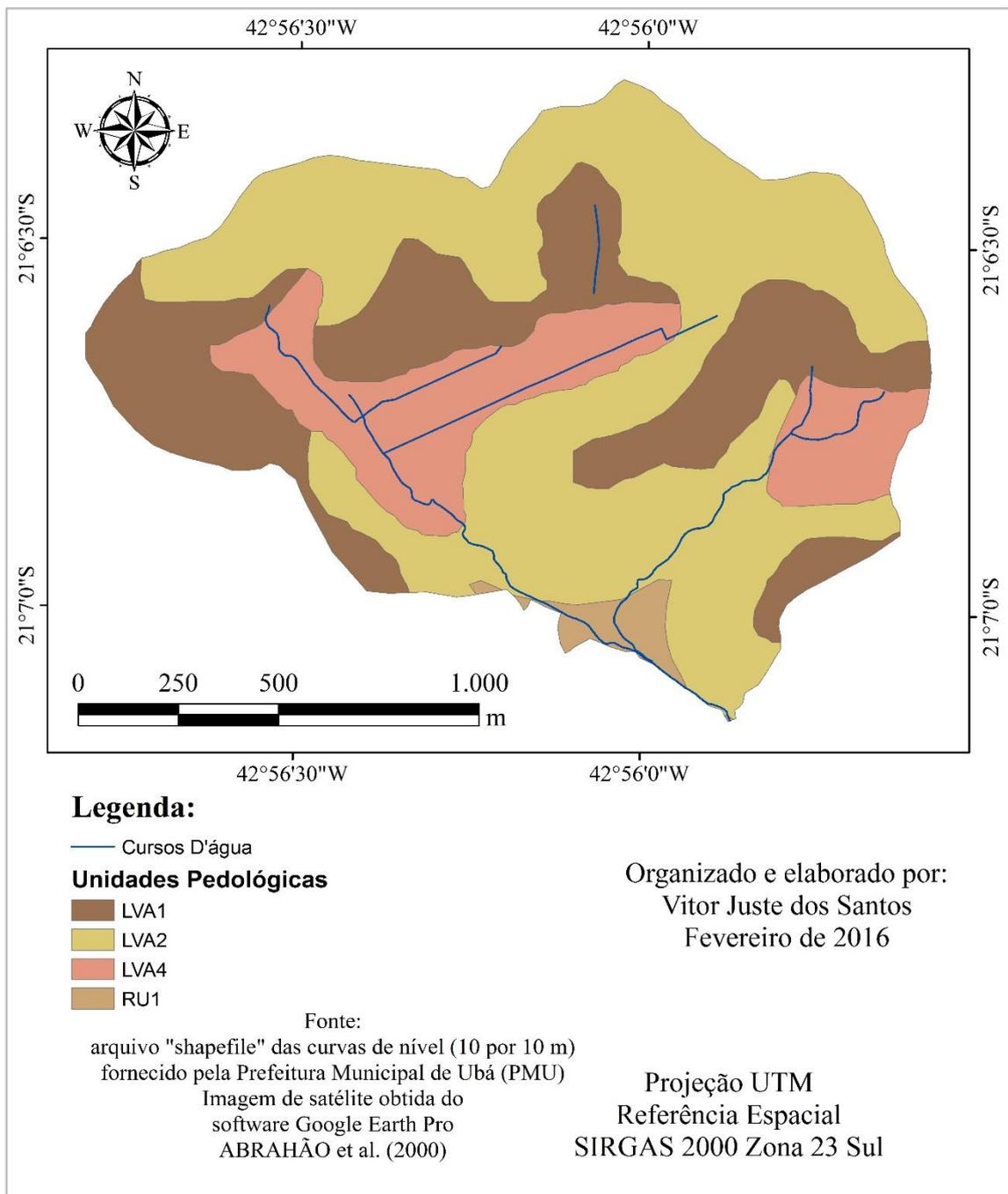


Figura 4.4 – Unidades pedológicas da BHCS D

Tabela 4.6 – Compartimentação do relevo da BHCS D.

Feição	Definição (IBGE, 2009)	Características Morfométricas
Planície de Inundação	Área rebaixada resultante de planos convergentes, arenosa e/ou argilosa, sujeita ou não a inundações periódicas.	Declividade $\leq 8\%$ Curvatura Retilínea
Rampa	Formas de fundo de vale suavemente inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluviais provenientes das encostas. Ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam as reentrâncias ou depressões do relevo nos anfiteatros.	Declividade $\leq 20\%$ Curvatura Côncava
Encosta Convexa	Encostas distribuidoras de água, nas quais se espalha lateralmente, tendendo a estes setores serem mais secos que as concavidades.	Declividade $\geq 45\%$ Curvatura Convexa
Encosta Côncava	Encostas coletoras de água, nas quais convergem os fluxos de água, tendendo estes setores serem mais úmidos que as áreas convexas, devido ao favorecimento da infiltração.	Declividade $> 20\%$ e $< 45\%$ Curvatura Côncava

Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente, o mapa de compartimentação do relevo, em escala 1:10.000, foi associado aos tipos de solos mapeados nas unidades pedológicas que estão incluídas na BHCS D. O relatório sobre o mapeamento das unidades pedológicas do município de Ubá (Abrahão *et al.*, 2000) apresenta quais os tipos de solos predominantes em cada unidade pedológica e em qual pedoforma estes solos são encontrados (Tabela 4.7).

A partir da relação entre as feições do relevo e os tipos de solos existentes em cada uma delas, foi elaborado o mapa de pedoformas (Figura 4.5). As categorias hierárquicas de fragilidade em relação à erosão laminar de cada tipo de solo na BHCS D foram definidas conforme Sporn e Ross (2004) e Melo e Santos (2010), e variam de “Muito Baixa” a “Alta”, conforme pode ser visto na tabela 4.8.

Tabela 4.7 – Relação relevo x solo na BHCS D.

Feição	Relação Relevo x Solo (Abrahão <i>et al.</i>, 2000.)	Tipos de Solos Predominantes (Abrahão <i>et al.</i>, 2000.)
Planície de Inundação	Compreende os Latossolos e Argissolos posicionados em relevo plano, suave ondulado e ondulado (declividade $\leq 20\%$). Trata-se de solos posicionados em rampas de colúvio onde a massa latossólica remobilizada pode ser submetida a processos de podzolização húmico. Também estão incluídos nesta unidade os solos derivados de depósitos aluviais, como os Neossolos, porém em menor proporção que os primeiros.	(LVA 4) LVAd argissólico
Rampa		(LVA 4) PVAd latossólico
Encosta Convexa	Nesta unidade figuram os Latossolos que estão sendo rejuvenescidos pela erosão. No entanto, devido ao profundo intemperismo, mesmo do saprolito, os Cambissolos apresentam características latossólicas e os Latossolos erodidos apresentam atributos câmbicos. A unidade está associada a posições na paisagem de relevo acidentado, predominantemente montanhoso e escarpado e com maior frequência em áreas de transição entre encostas com perfil côncavo para convexo.	(LVA 2) LVAd cambissólico CXbd latossólico
Encosta Côncava	Nesta unidade se encontram os Latossolos mais intemperizados, remanescentes da dissecação erosiva, ocupando predominantemente os topos planos de morros, as encostas menos acidentadas de curvatura côncava.	(LVA 1) LVAd

Fonte: elaborado pelo autor.

A elaboração desse mapa de pedoformas se deveu a dois motivos: 1) a BHCS D possui um terço de sua área impermeabilizada, além das modificações por cortes e aterros, para construção de residências, comércios, entre outros tipos de uso e ocupação. Dessa forma, os solos dessa área estão descaracterizados, pois alguns cortes retiraram os horizontes superficiais, expondo os horizontes B e até mesmo o C em alguns pontos. A remobilização dos solos também é outro fator que contribui para a descaracterização; 2) o segundo motivo, relacionado com o primeiro, é que a descaracterização dos solos dificulta sua identificação, demandando tempo para a identificação dos mesmos, tempo este insuficiente para o horizonte desta pesquisa.

O que foi feito neste trabalho foi um levantamento exploratório de campo, mas sem análise laboratorial, para relacionar os tipos de solos representados no mapa de pedoformas com os encontrados em campo.

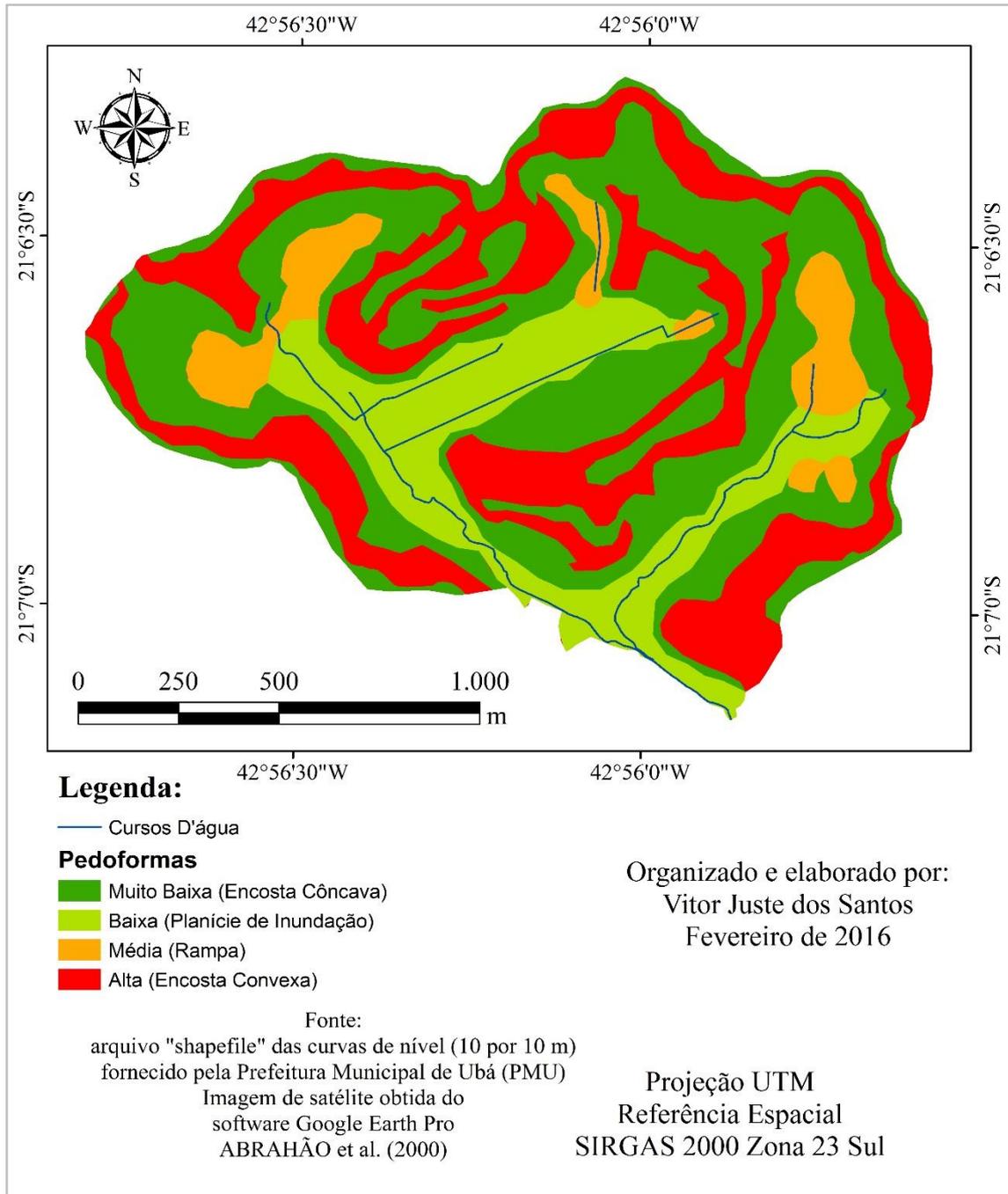


Figura 4.5 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo os tipos de solos da BHCS.

Tabela 4.8 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo os tipos de solos da BHCS D

Categorias Hierárquicas	Pedoformas
1. Muito Baixa	Encosta Côncava (LVAd)
2. Baixa	Planície de Inundação (LVAd argissólico)
3. Média	Rampa (PVAd latossólico)
4. Alta	Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico)

Fonte: adaptado de Sporn e Ross (2004) e Melo e Santos (2010).

A hierarquização das categorias mostradas na tabela 4.8 foi feita com base nas hierarquizações propostas por Sporn e Ross (2004) e Melo e Santos (2010), seguindo critérios estritamente pedológicos no momento de definir qual pedoforma é mais ou menos frágil em relação à outra. Por exemplo, foi determinado que a encosta côncava, que predomina o solo Latossolo Vermelho-Amarelo, é mais frágil à erosão pluvial do que a planície de inundação, que predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico. Assim foi decidido pelas características do solo e não da forma. Caso a forma fosse levada em consideração, a encosta côncava poderia ser colocada como mais frágil à erosão pluvial, pois na mesma ocorre a convergência do escoamento superficial, o que é menos ocorrente na planície de inundação.

As áreas ocupadas por cada pedoforma são apresentadas na tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Áreas das pedoformas presentes na BHCS D.

Pedoformas	Área
Encosta Côncava (LVAd)	786.749,46 m ² (38,56%)
Planície de Inundação (LVAd argissólico)	347.898,96 m ² (17,05%)
Rampa (PVAd latossólico)	156.908,07 m ² (7,69%)
Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico)	748.777,65 m ² (36,70%)
Total	2.040.334,14 m ² (100%)

Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.3. *Uso e cobertura da terra*

O mapa de uso e cobertura da terra da BHCS D foi elaborado a partir da interpretação da imagem de satélite obtida do *software Google Earth Pro*, do ano de 2014. Além da imagem de satélite, foram feitos trabalhos de campo para observar detalhes que não são perceptíveis pela imagem.

As classes de usos e coberturas na bacia foram definidas com base nos trabalhos de Ross (1994) e Santos e Ross (2012) e adaptações, e são apresentadas a seguir (Figuras 4.6 a 4.11).

- Vegetação Arbórea

Estágio avançado de regeneração da vegetação arbórea (mata secundária ou capoeira) que favorece a infiltração da água, minimiza o impacto direto das gotas de chuva no solo e o escoamento superficial da água.



Figura 4.6 – Vegetação arbórea na BHCS D. Fotografias de Abril de 2014. Fotografias do autor.

- Pastagem Cultivada

Pastagens cultivadas e sem mecanização, com adubação. Também estão incluídas nesta classe, as hortas e plantações de árvores frutíferas, sem mecanização e com adubação. Apesar de não apresentarem uma vegetação densa e fechada como a arbórea, também desempenham o papel de evitar que as gotas de chuvas atinjam o solo de forma direta e minimizam o escoamento superficial.



Figura 4.7 – Pastagem cultivada na BHCSD. Fotografias de Abril de 2014. Fotografias do autor.

- Pastagem Não-Cultivada

Pastagem não cultivada, onde há o pisoteio de gado, além de ser alvo de queimadas anuais, principalmente no período seco. É neste período que o solo fica mais exposto, devido à vegetação seca, ficando mais vulnerável à ação erosiva das primeiras precipitações do período chuvoso.



Figura 4.8 – Pastagens não-cultivadas na BHCSD. Fotografia à esquerda de Outubro de 2014 e à direita de Agosto de 2015. Fotografias do autor.

- Área Urbana 1

Área urbanizada predominantemente impermeável, que apesar de favorecer o aumento do escoamento superficial da água, o solo não fica exposto. Portanto, são áreas em que a ação erosiva da chuva é nula.



Figura 4.9 – Exemplos de áreas impermeabilizadas na BHCSD. Fotografia à esquerda de Agosto de 2014 e à direita de Outubro de 2014. Fotografias do autor.

- Área Urbana 2

Locais semi-impermeabilizados, ou seja, apesar de haver construções que impermeabilizam o solo, ainda existem áreas em que o solo está exposto à ação erosiva das chuvas. São comuns lotes vagos, geralmente ocupados com vegetação rasteira degradada em meio à área urbana, onde há práticas de queimadas para a limpeza dos mesmos. Também estão incluídos nesta classe os terrenos em que há construções, normalmente residências, mas que não impermeabilizaram todo o terreno. A maioria destas residências é encontrada em áreas de encostas, que diferente das planícies de inundações, há maiores dificuldades na impermeabilização total do lote devido às declividades dessas áreas.

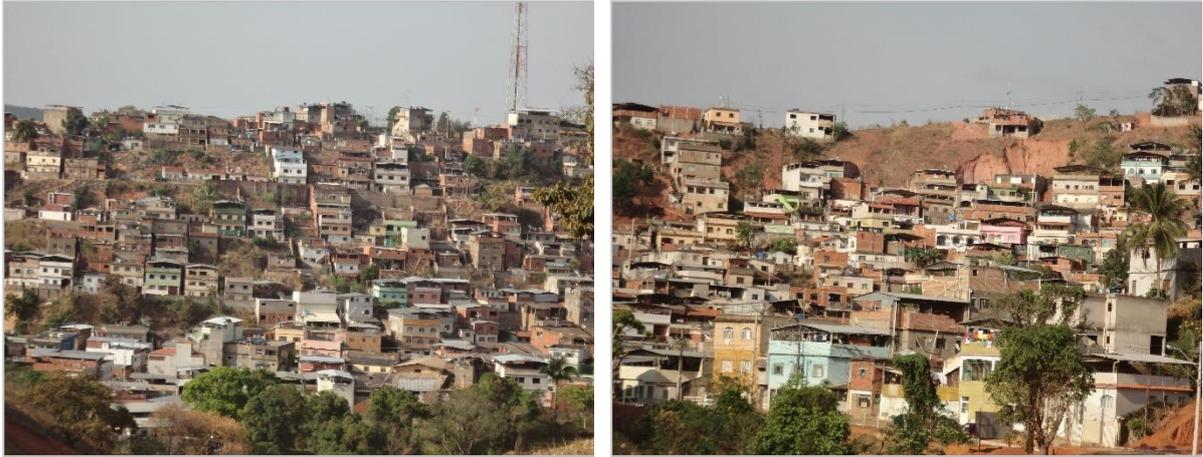


Figura 4.10 – Exemplos de áreas semi-impermeabilizadas na BHCS D. Fotografias de Outubro de 2014..
Fotografias do autor.

- Solo Exposto

Solo exposto devido à ação das chuvas ao longo do tempo, ao mau uso da terra (por queimadas, pisoteio de gados etc.), e/ou à ação de maquinário ou trabalho braçal, para a abertura de lotes, loteamentos ou ruas, entre outros.



Figura 4.11 – Exemplos de solos expostos na BHCS D. Fotografia à esquerda de Outubro de 2014 e à direita de Agosto de 2015. Fotografias do autor.

Após a definição das classes, a interpretação da imagem de satélite e dos trabalhos de campo, os polígonos dos distintos usos e coberturas da terra foram elaborados no *software* *ARCGis 10[®]*, com o uso da ferramenta *Editor*. Os polígonos foram delimitados de forma manual.

A fim de definir as categorias hierárquicas do uso e cobertura da terra em relação à fragilidade à erosão laminar, recorreu-se, novamente, aos trabalhos de Ross (1994) e Santos e Ross (2012). Os níveis de 1 a 5 representam, de forma qualitativa, a fragilidade referente à ocorrência da erosão laminar nestes locais (Tabela 4.10 e Figura 4.12).

Tabela 4.10 – Categorias hierárquicas à erosão laminar do uso e cobertura da terra na BHCS D.

Categorias Hierárquicas	Usos e Coberturas da Terra
1. Muito Baixa	Vegetação Arbórea e Pastagem Cultivada
2. Baixa	Área Urbana 1
3. Média	Pastagem Não Cultivada
4. Forte	Área Urbana 2
5. Muito Forte	Solo Exposto

Fonte: adaptado de Ross (1994); Santos e Ross (2012).

A tabela 4.11 mostra as áreas dos diferentes usos e ocupações da terra na BHCS D e de suas respectivas categorias hierárquicas.

Tabela 4.11 – Áreas dos usos e coberturas da terra na BHCS D.

Categorias Hierárquicas	Uso e Cobertura da Terra	Área
1. Muito Baixa	Vegetação Arbórea	257.896,77 m ² (12,64%)
	Pastagem Cultivada	31.751,01 m ² (1,57%)
2. Baixa	Área Urbana 1	503.231,93 m ² (24,66%)
3. Média	Pastagem Não Cultivada	906.573,44 m ² (44,43%)
4. Forte	Área Urbana 2	181.235,86 m ² (10,13%)
5. Muito Forte	Solo Exposto	159.690,13 m ² (6,57%)
Total		2.040.334,14 m ² (100%)

Fonte: elaborado pelo autor.

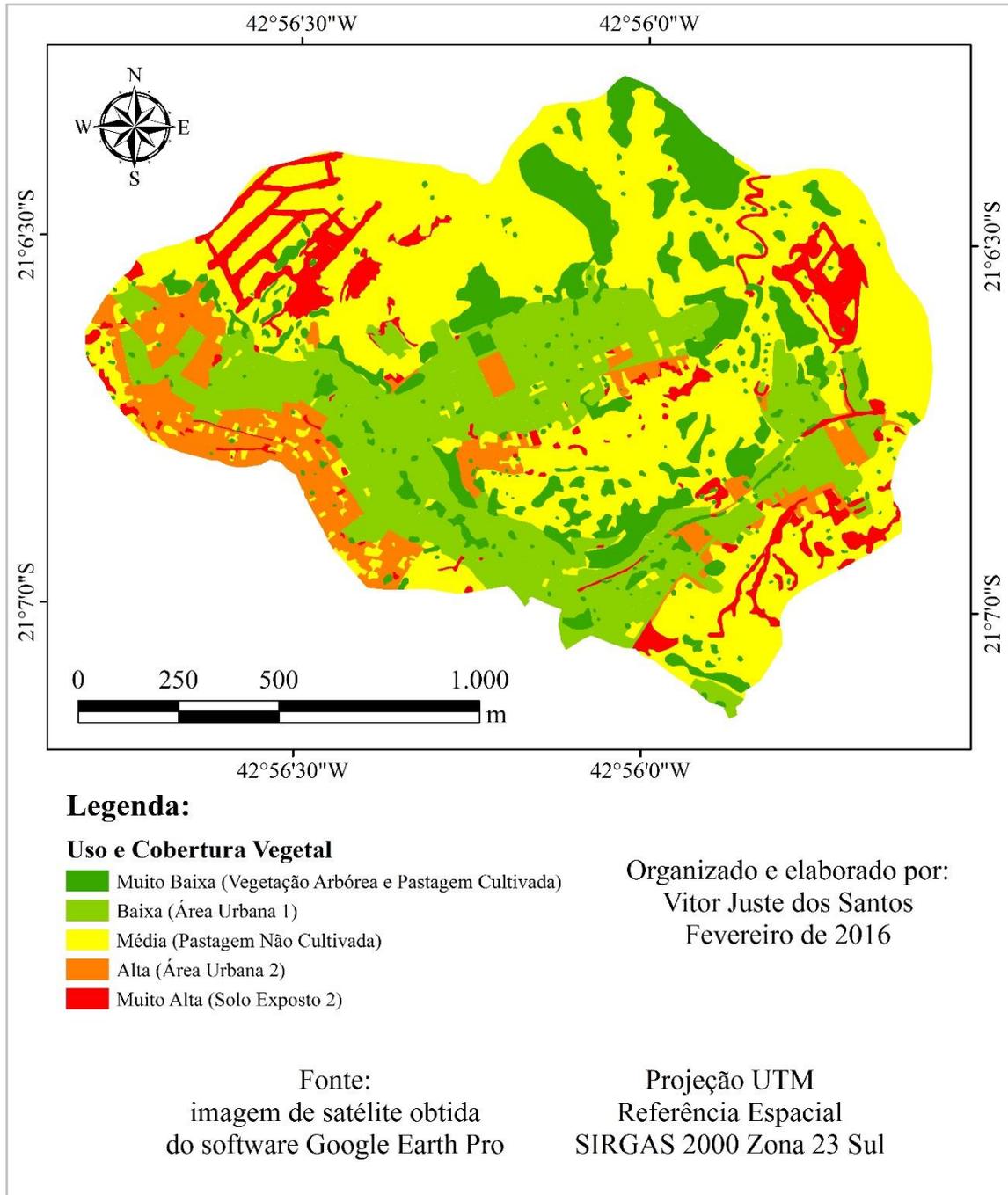


Figura 4.12 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar, segundo as classes de uso e cobertura da terra da BHCSD.

4.2. Sobreposição dos planos de informações

Após a elaboração dos três mapas preliminares (declividade, pedoformas, uso e cobertura da terra) expostos anteriormente, uma relação entre os mesmos foi estabelecida, através da

técnica de sobreposição. Nesta, os mapas são relacionados através de um sistema em que são atribuídos pesos aos mesmos, e notas às categorias hierárquicas de cada um.

A ferramenta utilizada para realizar a sobreposição dos mapas foi a “*Weighted Overlay*” do *software ARCGis 10*[®]. Os pesos de cada plano de informação (os mapas) foram iguais. Já para as notas das categorias hierárquicas de cada plano foi arbitrado um valor de 1 a 5 (pedoformas variou de 1 a 4) como propôs Ross (1994), sendo que quanto maior o valor atribuído, maior à fragilidade à erosão laminar dos solos relacionados à variável em questão (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Influências (pesos) e notas para cada plano de informação e categoria hierárquica.

Plano de Informação	Classes	Categorias Hierárquicas (Notas)	Influências (Pesos)
Declividade	< 3%	1	33%
	-----	-----	
	3 a 8%	2	
	-----	-----	
	8 a 20%	3	
-----	-----		
-----	20 a 45%	4	-----
-----	> 45%	5	-----
Pedoformas	Encosta Côncava (LVAd)	1	33%
	-----	-----	
	Planície de Inundação (LVAd argissólico)	2	
	-----	-----	
-----	Rampas (PVAd latossólico)	3	-----
-----	Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico)	4	-----
Uso e Cobertura da Terra	Vegetação Arbórea	1	34%
	-----	-----	
	Pastagem Cultivada	1	
	-----	-----	
	Área Urbana 1	2	
	-----	-----	
-----	Pastagem Não-Cultivada	3	-----
-----	Área Urbana 2	4	-----
-----	Solo exposto	5	-----

Fonte: elaborado pelo autor.

A relação entre os planos de informações foi estabelecida a partir de uma associação de dígitos arábicos, nos quais cada um dos números do conjunto numérico representa uma determinada nota. Deste modo, a associação numérica representa um dígito para intensidade da declividade (de 1 a 5), outro para a suscetibilidade à erosão dos tipos de solos (de 1 a 4), do menos ao mais suscetível, e o último para o grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra, variando da maior a menor proteção (de 1 a 5).

Neste sentido, o conjunto numérico 111 corresponde às áreas com menor fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D, pois as declividades são baixas, o solo tem fraca erodibilidade e a cobertura vegetal é arbórea ou pastagem cultivada. Já o conjunto 545 corresponde às áreas com maior fragilidade ambiental à erosão laminar na bacia, pois possuem as maiores declividades, os solos têm alta erodibilidade e são expostos à ação erosiva das chuvas. A tabela 4.13 mostra as possíveis combinações de conjuntos numéricos que definem as categorias hierárquicas de “Muito Baixa” a “Muito Alta”.

Tabela 4.13 – Categorias hierárquicas de fragilidade à erosão laminar do solo de acordo com os conjuntos numéricos.

Categorias Hierárquicas	Conjuntos Numéricos (Soma)
1. Muito Baixa	111 (3) -----
	112 - 121 - 211 (4)
2. Baixa	122 - 212 - 221 - 113 - 131 - 311 (5) -----
	222 - 123 - 132 - 321 - 114 - 141 - 411 (6) -----
	223 - 232 - 322 - 124 - 142 - 214 - 241 - 421 - 412 - 115 - 151 - 511 (7)
3. Média	233 - 323 - 332 - 224 - 242 - 422 - 125 - 152 - 251 - 215 - 521 - 512 (8) -----
	333 - 432 - 423 - 342 - 324 - 234 - 243 - 441 - 414 - 144 - 531 - 513 - 351 - 315 - 135 - 153 (9) -----
	334 - 343 - 433 - 244 - 424 - 442 - 235 - 253 - 352 - 325 - 532 - 523 - 145 - 154 - 541 - 514 - 451 - 415 (10)
4. Alta	344 - 434 - 443 - 533 - 353 - 335 - 542 - 524 - 425 - 452 - 254 - 245 - 155 - 515 - 551 (11) -----
	444 - 543 - 534 - 453 - 435 - 354 - 345 - 255 - 525 - 552 (12)
5. Muito Alta	445 - 454 - 544 - 553 - 535 - 355 (13) -----
	455 - 545 - 554 (14)

Fonte: adaptado de Ross (1994); Santos e Ross (2012).

A hierarquização das categorias de fragilidade ambiental à erosão laminar, a partir da relação dos planos de informações, foi estabelecida automaticamente pelo *ARCGis 10*[®], através da ferramenta “*Weighted Overlay*”. Assim, a mudança da categoria “Muito Baixa” (somas 3 e 4) para a categoria “Baixa” (somas 5, 6 e 7), por exemplo, foi atribuída pelo próprio *software*. O mesmo ocorre com a mudança para as outras categorias.

5. FRAGILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO LAMINAR NA BHCS D

A partir dos procedimentos metodológicos detalhados no capítulo 4, foi elaborado o mapa temático (Figura 5.1) que apresenta as categorias hierárquicas da fragilidade à erosão laminar na BHCS D. A área ocupada por cada categoria hierárquica é mostrada na tabela 5.1.

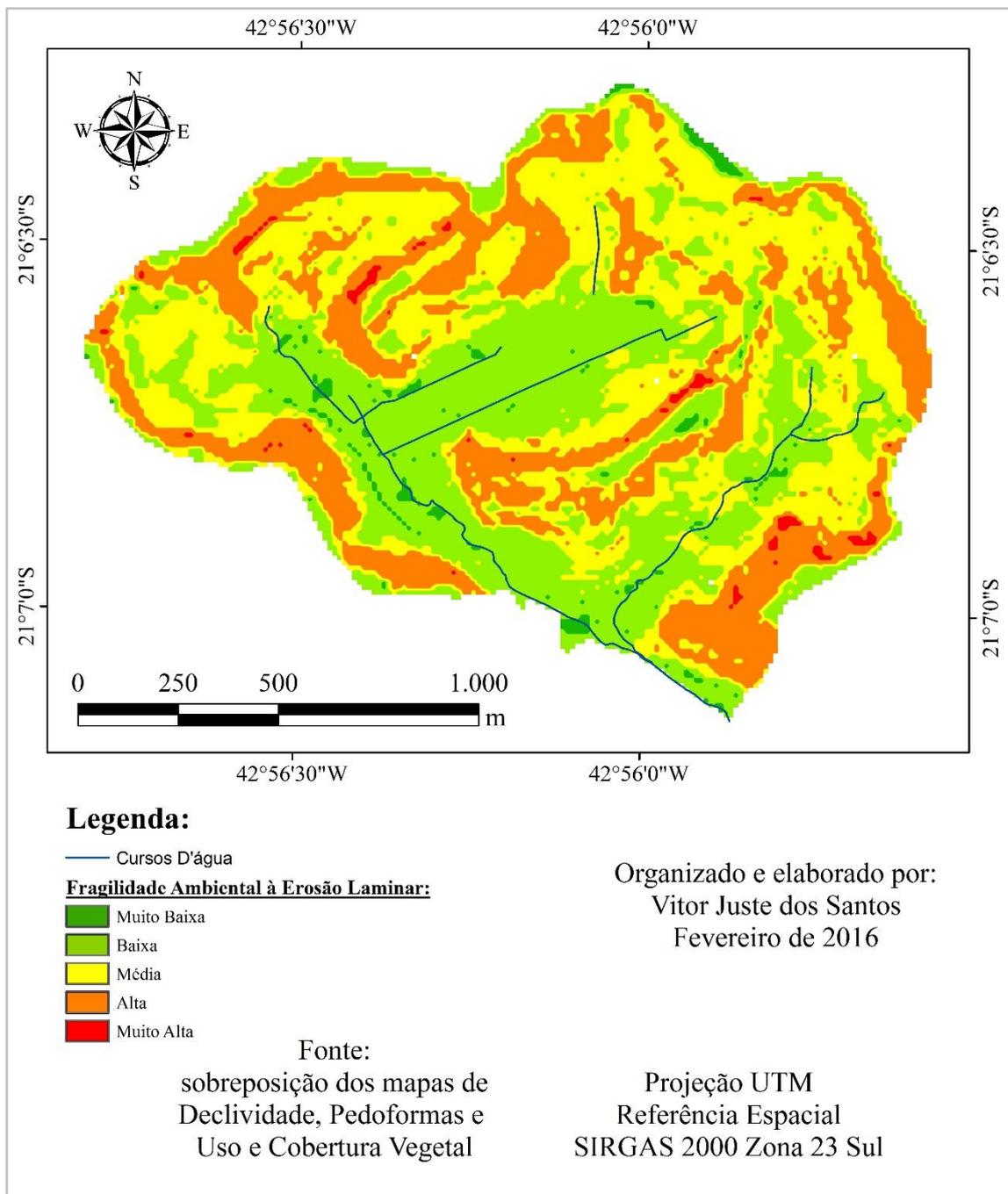


Figura 5.1 – Fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D.

Tabela 5.1 – Áreas das categorias hierárquicas à erosão laminar na BHCS D.

Categoria Hierárquica	Área
Muito Baixa	28.657,00 m ² (1,40%)
Baixa	727.358,63 m ² (35,65%)
Média	727.765,43 m ² (35,67%)
Alta	540.810,79 m ² (26,50%)
Muito Alta	15.742,29 m ² (0,78%)
Total	2.040.334,14 m ² (100%)

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1. Categorias hierárquicas da fragilidade à erosão laminar

A seguir são apresentados os conjuntos numéricos que representam a relação entre os planos de informações mostrados no capítulo 4. Tais conjuntos serão expostos de forma separada, no intuito de relatar as diferentes situações de fragilidade à erosão laminar que são encontradas na bacia. Posteriormente, o detalhamento de cada conjunto será relacionado com a realidade observada nos trabalhos de campo realizados ao longo da pesquisa. Dessa forma, pôde-se avaliar a qualidade das informações mostradas no mapa da figura 5.1, e, assim, reavaliar a mesma a partir dos dados coletados em campo. A partir dos planos de informações, constataram-se as diferentes situações de fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D, e, assim, foi praticável a sugestão de ações, principalmente relacionadas ao uso, à ocupação e à cobertura do solo, para fins de minimizar a fragilidade aos processos erosivos laminares.

5.1.1. Muito Alta

Como observado na tabela 5.1, a categoria hierárquica “Muito Alta” fragilidade à erosão laminar é a que ocupa a menor área na BHCS D, localizada exclusivamente nas partes altas e médias das encostas.

A relação entre os planos de informações é representada pelo seguinte conjunto numérico: 545. Ou seja, todas as áreas consideradas de “Muito Alta” fragilidade ambiental à erosão laminar são caracterizadas pela associação de intervalos de declividades muito altas (acima de 45%), pedoformas com alta erodibilidade (Encosta Convexa - LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e solos expostos à ação direta das chuvas.

5.1.2. Alta

A tabela 5.1 mostra que a categoria hierárquica “Alta” é a terceira em tamanho da BHCS D, localizada de forma predominante nas partes altas e médias das encostas e encontrada em algumas áreas de rampas.

A relação entre os planos de informações é representada pelos seguintes conjuntos numéricos: 544 – 543 – 533 – 515 – 445 – 444 – 443 – 344 – 335. A tabela 5.2 detalha tais relações.

Tabela 5.2 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Alta” fragilidade à erosão laminar.

Conjuntos Numérico	Relação entre os Planos de Informações
544	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Área Urbana 2
543	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Pastagem Não-Cultivada
533	Intervalo de Declividade acima de 45%, Rampa (PVAd latossólico) e Pastagem Não-Cultivada
515	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Solo Exposto
445	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Solo Exposto
444	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Área Urbana 2
443	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Pastagem Não-Cultivada
344	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Área Urbana 2
335	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Rampa (PVAd latossólico) e Área Urbana 2

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.3. Média

A categoria hierárquica “Média” fragilidade à erosão laminar é a maior da BHCS D (Tabela 5.1), predominando nas áreas de encostas, mas também presente nas rampas e planícies de inundações.

A relação entre os planos de informações é representada pelos seguintes conjuntos numéricos: 541 – 514 – 513 – 451 – 415 – 414 – 413 – 431 – 333 – 332 – 324 – 314 – 215 – 235 – 135. A tabela 5.3 exibe tais relações.

Tabela 5.3 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Média” fragilidade à erosão laminar.

Conjuntos Numérico	Relação entre os Planos de Informações
541	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
514	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 2
513	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Pastagem Não-Cultivada
441	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Convexa (LVAd cambissólico e CXbd latossólico) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
415	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Solo Exposto
414	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 2
413	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Pastagem Não-Cultivada
431	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Rampa (PVAd latossólico) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
333	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Rampa (PVAd latossólico) e Pastagem Não-Cultivada
332	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Rampa (PVAd latossólico) e Área Urbana 1
324	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Planície de Inundação (LVAd argissólico) e Área Urbana 2
314	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 2
215	Intervalo de Declividade entre 3 a 8%, Encosta Côncava (LVAd) e Solo Exposto
235	Intervalo de Declividade entre 3 a 8%, Rampa (PVAd latossólico) e Solo Exposto
135	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Rampa (PVAd latossólico) e Solo Exposto

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.4 Baixa

A categoria hierárquica “Baixa” fragilidade à erosão laminar é a segunda em área da BHCS D (Tabela 5.1), prevalecendo nas planícies de inundações e topos de morros, mas com pequenas áreas nas encostas e em algumas rampas.

A relação entre os planos de informações é representada pelos seguintes conjuntos numéricos: 115 – 114 – 113 – 122 – 123 – 222 – 311 – 312 – 313 – 322 – 411 – 412 – 511. A tabela 5.4 mostra estas relações.

Tabela 5.4 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Baixa” fragilidade à erosão laminar.

Conjuntos Numérico	Relação entre os Planos de Informações
115	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Encosta Côncava (LVAd) e Solo Exposto
114	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 2
113	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Encosta Côncava (LVAd) e Pastagem Não-Cultivada
122	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Planície de Inundação (LVAd argissólico) e Área Urbana 1
123	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Planície de Inundação (LVAd argissólico), Pastagem Não-Cultivada
222	Intervalo de Declividade entre 3 a 8%, Planície de Inundação (LVAd argissólico), Área Urbana 1
311	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Encosta Côncava (LVAd) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
312	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 1
313	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Encosta Côncava (LVAd) e Pastagem Não-Cultivada
322	Intervalo de Declividade entre 8 a 20%, Planície de Inundação (LVAd argissólico) e Área Urbana 1
411	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
412	Intervalo de Declividade entre 20 a 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 2
511	Intervalo de Declividade acima de 45%, Encosta Côncava (LVAd) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.5. Muito Baixa

É a quarta em área da BHCS D (Tabela 5.1), ocupando de forma preeminente as planícies de inundações, mas sendo encontrada em alguns topos de morros.

A relação entre os planos de informações é representada pelos seguintes conjuntos numéricos: 111 – 112 – 121. A tabela 5.5 detalha tais relações.

Tabela 5.5 – Conjuntos numéricos que representam a categoria “Muito Baixa” fragilidade à erosão laminar.

Conjuntos Numérico	Relação entre os Planos de Informações
111	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Encosta Côncava (LVAd) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada
112	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Encosta Côncava (LVAd) e Área Urbana 1
121	Intervalo de Declividade abaixo de 3%, Planície de Inundação (LVAd argissólico) e Vegetação Arbórea ou Pastagem Cultivada.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.2 Avaliação do mapeamento a partir dos trabalhos de campo

Pela descrição dos conjuntos numéricos e a separação em suas respectivas categorias hierárquicas, nota-se que as categorias “Muito Alta”, “Alta” e “Média” estão localizadas de forma predominante nas encostas acima de 20% de declividade. Ou seja, são nessas áreas que as chances de ocorrência de processos erosivos do tipo laminar são maiores.

As áreas classificadas como “Alta” fragilidade, além de se localizarem em declividades acima de 20%, geralmente possuem como cobertura da terra a pastagem não-cultivada, as áreas urbanas semi-impermeabilizadas (Área Urbana 2) ou solos expostos, em associação com as pedoformas de encosta convexa. Além disso, no interior destas áreas consideradas como categoria “Alta”, existem aquelas de categoria “Muito Alta”, que representam a pior combinação de conjuntos numéricos em relação à fragilidade à erosão laminar (a 545).

Nas áreas consideradas de categoria “Média”, mas ainda acima de 20% de declividade, a fragilidade é abrandada pela melhor cobertura da terra, como a vegetação arbórea e até mesmo

pelas pastagens não-cultivadas, mas, neste caso, também associada a pedoforma de encosta côncava.

Nas áreas abaixo de 20% de declividade, existe a predominância das categorias “Baixa” e “Muito Baixa”, embora ocorram pequenas manchas de polígonos que representam a “Média” e a “Alta”. Tal predominância das categorias “Baixa” e “Muito Baixa” nessas áreas é devido, além das baixas declividades, a impermeabilização intensa nas partes baixas das encostas e nas planícies de inundação, o que diminui a ação da água das chuvas em provocar processos erosivos mecânicos.

De maneira geral, esta é a situação da BHCS D em relação à erosão laminar no mapeamento feito a partir da relação entre os planos de informações, com base na metodologia proposta por Ross (1994). Para avaliar os resultados desse mapeamento os trabalhos de campo foram essenciais. Assim, a seguir serão apresentados os resultados obtidos em campo, comparando-os com o mapeamento e suas informações expostas no subcapítulo 5.1.

5.2.1. Áreas de ocupações imediatas e solos expostos por processos erosivos em curso

As áreas de solo exposto compreendem 6,57% da BHCS D (tabela 4.11), sendo que a maioria delas resulta da recente abertura de loteamentos. São dois loteamentos maiores, um localizado no noroeste da bacia, em frente ao bairro São Domingos, e o outro no nordeste, no bairro Bom Pastor. Os demais são pequenos, espalhados pela bacia, localizados em todos os bairros. Estas áreas serão ocupadas em um futuro próximo, resultando em modificações das coberturas da terra, seja para áreas urbanas 1 ou 2, tornando-as parcial ou totalmente impermeabilizadas. Além da abertura dos lotes, processos erosivos intensos em curso expõem o solo, com a formação de sulcos e ravinas, que apesar de não serem processos erosivos laminares, são áreas com grande remoção de solos e, portanto, importantes serem mencionadas neste estudo.

Iniciando pelos loteamentos maiores, o localizado em frente ao bairro São Domingos, denominado Santa Clara, é o que vem apresentando os maiores problemas devido à erosão. Em visita a esta área foi possível constatar a nítida perda de solo, como mostrado nas figuras 5.2 e 5.3.



Figura 5.2 – Encosta exposta à ação da chuva. Fotografia a esquerda de Outubro de 2014 e a direita Dezembro de 2015. Fotografias do autor.



Figura 5.3 – Movimento de massa em encosta exposta à ação da chuva. Fotografia a esquerda de Outubro de 2014 e a direita Dezembro de 2015. Fotografias do autor.

Comparando com o mapa da figura 5.4, neste loteamento se verifica a predominância de áreas com “Média” e “Alta” fragilidade, com pequenas manchas das categorias “Muito Alta” e “Baixa”. De acordo com o mapeamento, o loteamento Santa Clara é um dos locais mais propícios à ocorrência de erosão laminar da BHCS D.

O sítio em que o loteamento foi aberto é um dos locais mais frágeis em relação à erosão laminar na bacia, devido a existência de encostas convexas associadas a declividades acima de 20%, e nas partes mais baixas da área existir a pedofoma rampa. A modificação da cobertura da terra de áreas de pastagens não-cultivadas para solos expostos agravou a vulnerabilidade local.

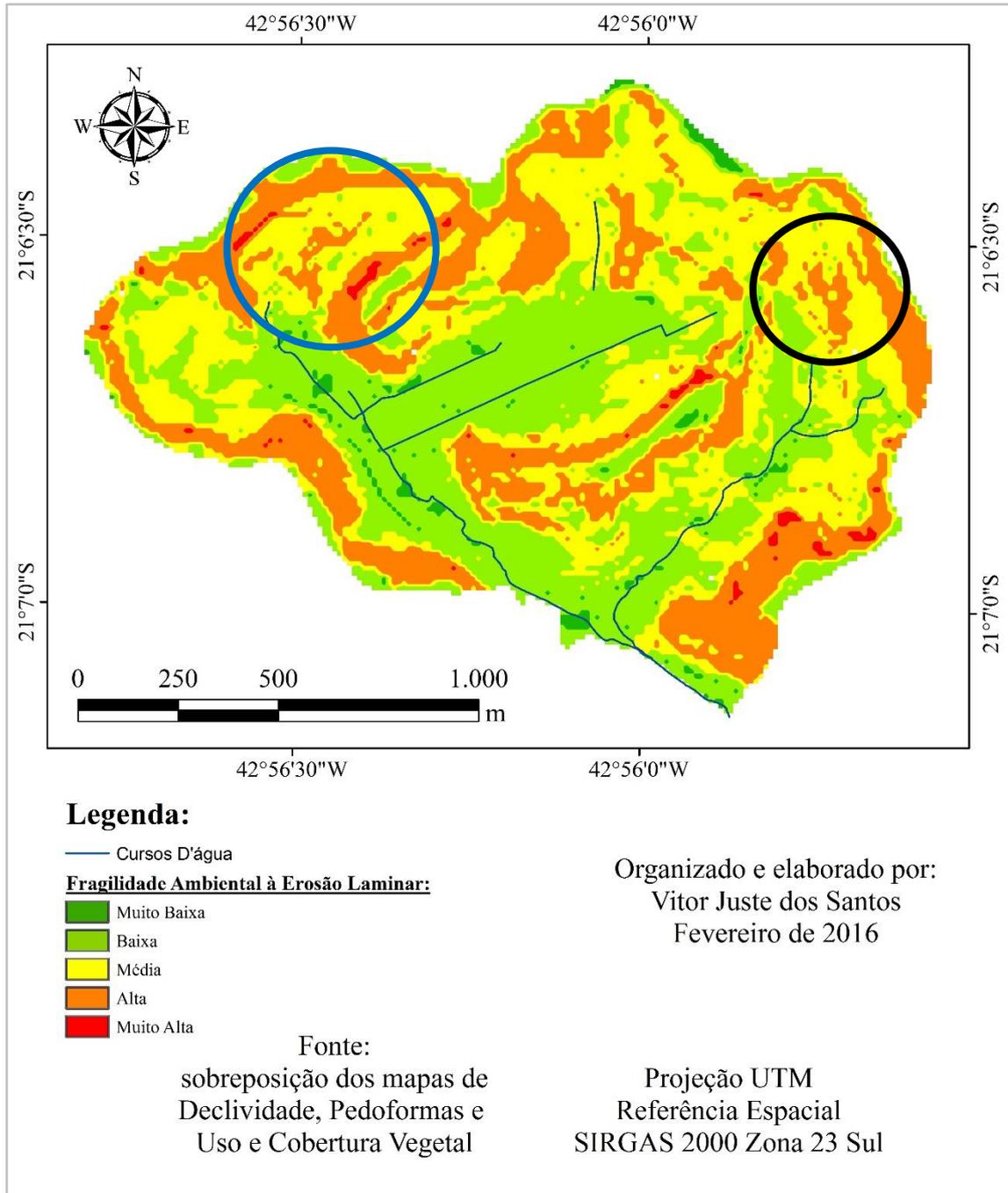


Figura 5.4 – Localizações dos loteamentos Santa Clara (círculo azul) e Bom Pastor (círculo preto).

Porém, é importante ressaltar, que a cobertura da terra não foi o único fator a ser modificado com a abertura do loteamento. Os cortes em 90° nas encostas e na rampa alterou a declividade de grande parte da área, na qual o intervalo predominante era de 20 a 45% (11° a 24° , aproximadamente). Ou seja, houve uma alteração brusca da declividade natural do terreno, além da descaracterização dos solos, com a exposição de horizontes mais profundos, como o C, e até

mesmo do regolito em algumas partes, onde o horizonte que ficava em contato direto com os elementos climáticos era o A.

Pode-se considerar, portanto, que as modificações da cobertura da terra, da declividade e das características do solo, alteraram a fragilidade local, não somente a vulnerabilidade do solo em relação aos impactos das gotas de chuvas e do escoamento superficial da água. Se somente a cobertura da terra, ou seja, a proteção do solo contra chuva tivesse sido alterada, haveria somente uma modificação da vulnerabilidade do solo em sofrer processos erosivos. Mas este não é o caso, pois toda a relação entre os planos de informações foi alterada pela modificação do terreno. Quando se alterou as características do solo, alterou também sua fragilidade intrínseca de sofrer processos erosivos.

Se somente a cobertura da terra tivesse sido alterada para solo exposto, ou seja, não houvesse cortes no terreno, é provável que nas áreas com intervalo de declividade acima de 45% e de pedoforma convexa ocorressem mais processos erosivos do que nas áreas com declividades abaixo de 20% e de pedoforma rampa ou de encosta côncava. Mas este não é o caso, pois com os trabalhos de campo se constatou que há processos erosivos tanto nas áreas de menor e maior declividade, e também em diferentes pedoformas, devido a modificação das condições naturais do terreno.

Dessa forma, no caso específico do loteamento Santa Clara, poder-se-ia considerar que a fragilidade ambiental à erosão laminar foi totalmente alterada, principalmente nos locais onde houve corte no terreno. Tanto assim, que se for comparar a realidade em campo com o mapeamento, verifica-se processos erosivos intensos tanto nas áreas consideradas de “Muito Alta” e “Alta” fragilidade, como nas áreas de “Média” fragilidade.

No caso do loteamento localizado no bairro Bom Pastor (Figura 5.4), há certa semelhança com o Santa Clara, tanto no mapeamento, como na realidade em campo. No mapeamento há a predominância das fragilidades “Alta” e “Média”. Em campo, os cortes no terreno foram feitos em 90°, sendo que também houve uma descaracterização do solo, com exposição do horizonte C e do regolito em algumas áreas.

A principal diferença entre o primeiro em relação ao Bom Pastor, é que este se localiza predominantemente na pedoforma rampa. Por estar numa área de rampa, sua declividade é mais suave (no intervalo entre 8 a 20%) (Figura 5.5).



Figura 5.5 – Comparação da situação dos terrenos nos loteamentos no Bom Pastor (à esquerda) e no Santa Clara (à direita). Fotografia a esquerda de Março de 2015 e a direita Outubro de 2014. Fotografias do autor.

Porém, mesmo localizado predominantemente na pedoforma rampa e em áreas com menores declividades, os processos erosivos ocorrem de forma generalizada por todo o loteamento, devido à mudança no terreno e à exposição do solo, semelhante à situação do Santa Clara.

Ainda em relação ao loteamento no Bom Pastor, existem maiores áreas no entorno cobertas por vegetação rasteira e arbórea em relação ao loteamento Santa Clara (Figuras 4.11 e 5.5). A presença da vegetação minimiza os efeitos do escoamento superficial das águas das chuvas, diminuindo, portanto, a velocidade com que a água atinge o loteamento, diminuindo a ação dos processos erosivos. Além disso, essa mesma vegetação impede que os solos erodidos atinjam os locais à jusante, que são áreas urbanas, evitando transtornos nas mesmas.

Os outros loteamentos presentes na bacia, apesar de menores, vêm apresentado problemas graves de erosão. No bairro Bom Pastor, por exemplo, o corte em encostas com declividades acima de 20%, expondo os solos de maneira abrupta, como apresentado na figura 5.6, intensificou os processos erosivos nessa área.



Figura 5.6 – Cortes em 90° nas encostas do bairro Bom Pastor para construção de residências. Fotografias de Março de 2015. Fotografias do autor.

Nestes locais, a exposição do solo de forma imprudente vem provocando processos erosivos ainda mais graves que os laminares, já atingindo o estágio de sulcos e ravinas, como mostra a figura 5.7. Isso faz com que estas áreas sejam consideradas no mapeamento como de “Alta” e, até mesmo, como “Muito Alta” fragilidade, devido à erosão do solo em curso, que provoca maior exposição do mesmo em áreas de declividades acima de 45% e de pedofoma convexa (Figura 5.8). Semelhante ao loteamento Santa Clara, não houve uma simples alteração da cobertura da terra, de pastagem não-cultivada para solo exposto, mas teve uma alteração das declividades locais com os cortes em 90° e a descaracterização do solo, alterando sua fragilidade intrínseca, e conseqüentemente a fragilidade de toda a relação entre os planos de informações.



Figura 5.7 – Sulcos e ravinas nas encostas no bairro Bom Pastor. Fotografia à esquerda de Março de 2015 e à direita de Agosto de 2015. Fotografias do autor.

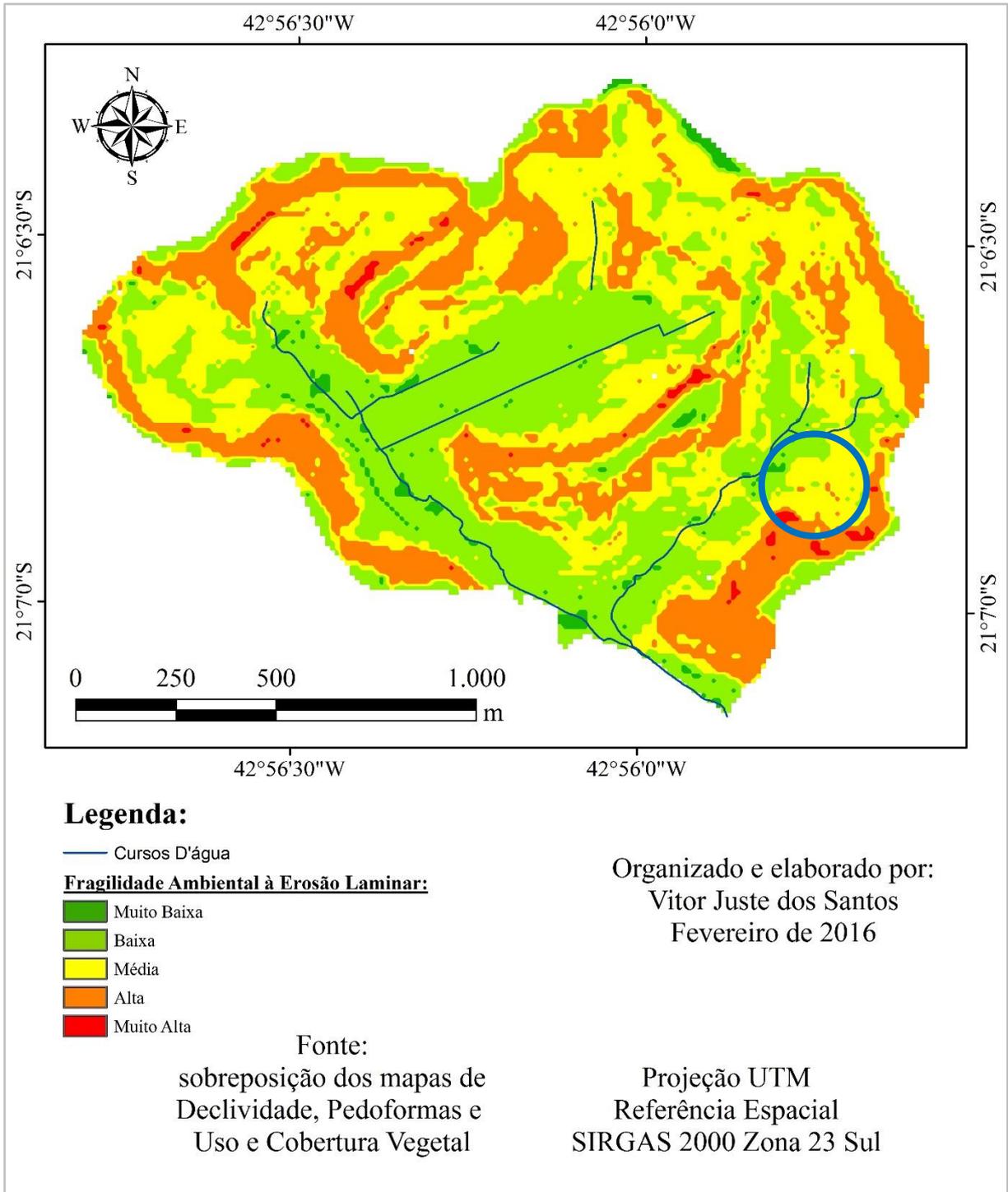


Figura 5.8 – Pequenos loteamentos no bairro Bom Pastor (círculo azul).

Um fato importante, mencionado no início deste subitem, é que os atuais loteamentos abertos serão, num futuro próximo, áreas residenciais, sejam elas impermeabilizadas (Área Urbana 1) ou semi-impermeabilizadas (Área Urbana 2). Enquanto a abertura dos lotes individuais ocorrer nos loteamentos Santa Clara e no Bom Pastor, e, também, nos pequenos

loteamentos espalhados pela bacia, obviamente que continuará a existir exposição dos solos nestes locais, o que facilitará a ocorrência de processos erosivos mecânicos causados pela ação das gotas de chuvas e do escoamento superficial.

Quando a impermeabilização dessas áreas for maior do que os solos expostos, provavelmente os processos erosivos serão amenizados. No entanto, outros problemas podem ser intensificados, como as enxurradas e as inundações à jusante da bacia, principalmente nas planícies de inundação, em razão da diminuição das taxas de infiltração.

5.2.2. Áreas de ocupações consolidadas semi-impermeabilizadas

As áreas urbanas 2 ocupam 10,13% da BHCS D, destacando-se a área de encosta ocupada pelo bairro São Domingos. Nesta, em muitos casos, mesmo após a construção das residências há solos expostos, em cortes com declividades em 90°, nos fundos de casas e edifícios. Nestes locais a ocupação já se consolidou, ou seja, a população que ali se fixou dificilmente deixará a área. Porém, mesmo sendo locais de ocupação consolidada, ainda existem muitas áreas entre as residências que possuem solos expostos ou pastagens não-cultivadas. Alguns exemplos são os lotes vagos e as ruas não asfaltadas. Também os fundos de várias residências estão próximos às encostas, onde há exposição de solos através dos cortes em 90°. A figura 5.9 apresenta um exemplo destes casos, que sob chuvas mais fortes causam transtornos à população local, devido aos movimentos de massa e erosões, que movem grande quantidade de solos para o interior das residências.



Figura 5.9 – Solos expostos atrás de residências no bairro São Domingos e erosão causada por chuva forte. Fotografias de Dezembro de 2015. Fotografias do autor.

Existem muitos outros exemplos, principalmente no bairro São Domingos (Figura 6.10), onde também há, mesmo que em menor escala, em relação aos loteamentos, exposição do solo.



Figura 5.10 – Lotes com solos parcialmente expostos entre residências no bairro São Domingos. Fotografias de Outubro de 2014. Fotografias do autor.

As áreas urbanas 2 ocupam superfícies com mais de 20% de declividade, geralmente associadas à presença de pedofomas de encosta convexa, sendo categorizadas como “Alta” fragilidade. No entanto, existem algumas áreas localizadas sobre encostas côncavas, o que reduz a fragilidade em relação à erosão para “Média”.

Porém, é importante ressaltar, que tais áreas possuem situações semelhantes às descritas no subitem anterior, onde houve, além da modificação da cobertura da terra, uma mudança nas características do terreno, seja dos solos, seja das declividades. A diferença em relação aos loteamentos que estão sendo abertos na bacia, é que tais áreas já se transformaram de locais com solos expostos para parcialmente impermeabilizados. No entanto, os cortes no terreno em 90° ainda existem, o que modificou a fragilidade intrínseca à ação dos processos erosivos causados pelas chuvas.

No bairro Eldorado também há situações desse tipo. A figura 5.11, onde está o círculo preto, mostra que na encosta existem as fragilidades “Média”, “Alta” e “Muito Alta”. A figura 5.12 é um exemplo de residências localizadas nas áreas de fragilidade “Média”, na parte baixa da encosta, próximo à planície de inundação. A situação mostrada nesta figura se observa a presença de uma cobertura da terra incoerente com as características do relevo, onde foram

feitos cortes para “encaixar” as moradias nas encostas, alterando significativamente a declividade natural do terreno e as características do solo. Este é um bom exemplo de situação que o mapeamento não destaca, ou seja, é considerada como “Média” fragilidade, mas poderia ser elevada para a categoria “Alta” ou até mesmo “Muito Alta”.

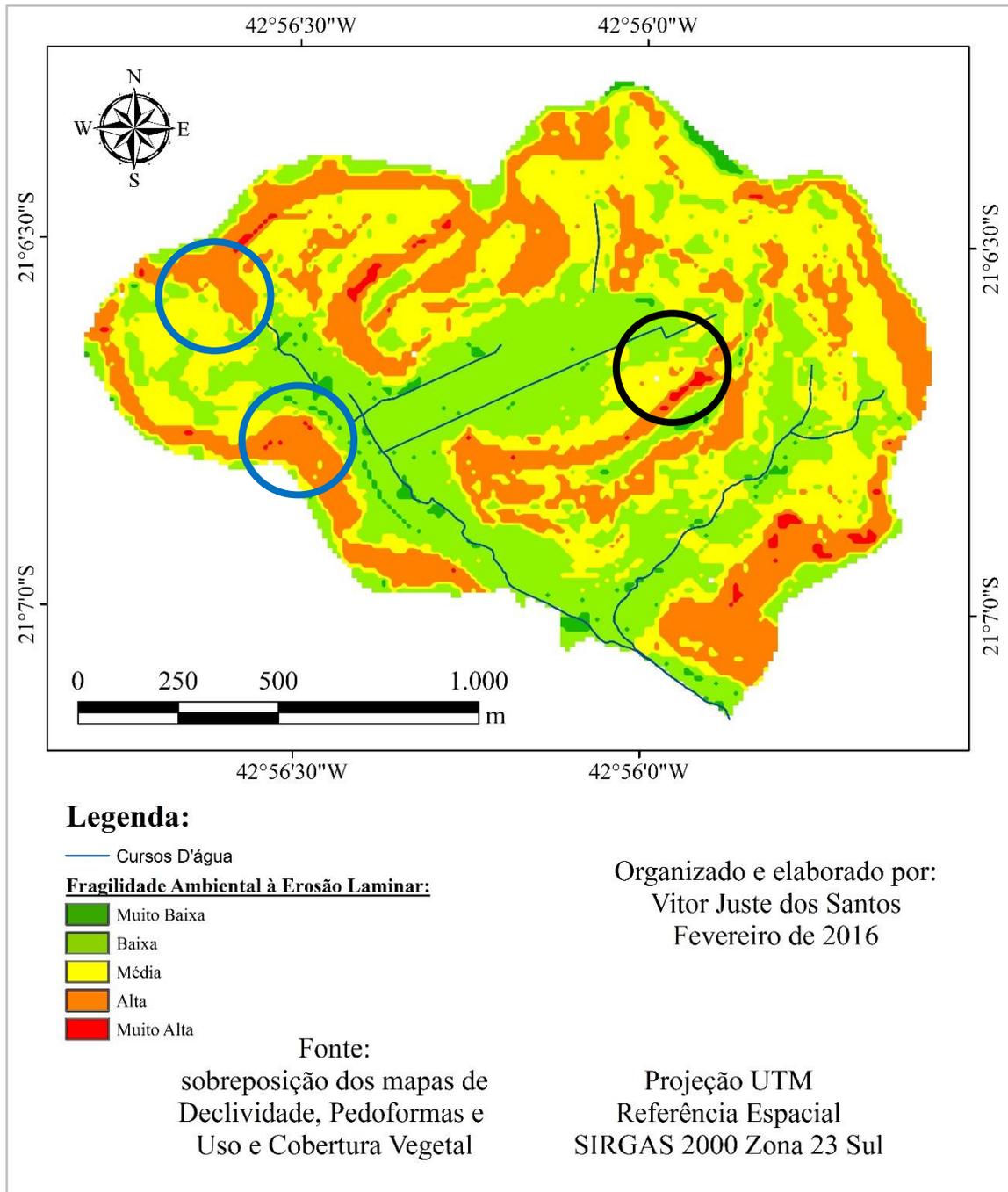


Figura 5.11 – Exemplos de áreas urbanas semi-impermeabilizadas no Bairro São Domingos (círculos azuis) e no Eldorado (círculo preto).

Assim, nessa área do bairro, não houve uma mudança somente da vulnerabilidade do solo em relação aos processos erosivos causados pelas chuvas. Ou seja, além da modificação da cobertura da terra, houve uma significativa transformação do terreno, alterando também a fragilidade do mesmo.



Figura 5.12 – Erosão laminar em uma encosta no bairro Eldorado, onde há corte em 90° para construção de residências, presença de sulcos no talude e, ainda, pisoteio de gado. Fotografia de Novembro de 2014. Fotografia do autor.

5.2.3. Áreas com potenciais de ocupações urbanas

As áreas na BHCS D que não passam por abertura de loteamento ou não estão sendo modificadas para fins de habitação, são consideradas como potencialmente ocupáveis. Nestas são predominantes as pastagens não-cultivadas como cobertura da terra, representando 44,43% da bacia, apesar de haver vegetação arbórea (12,64%) e pastagens cultivadas (1,57%), representando 14,21%.

A utilização destas pastagens de forma incorreta as coloca como áreas de “Alta” fragilidade ambiental à erosão laminar quando associadas com as pedoformas de encosta convexa. Quando associadas à pedoforma de encosta côncava, a fragilidade é alterada para “Média”. É muito comum nestas pastagens o uso de queimadas para posterior rebrota natural, principalmente nos

períodos de estiagem. Como as queimadas destroem a proteção vegetal do solo, e comprometem a qualidade destes, sua utilização recorrente nessas áreas tende a expor o solo à ação das chuvas, especialmente em locais onde a pastagem não consegue se regenerar (Figura 5.13).



Figura 5.13 – Prática da queimada em pastagem não-cultivada no bairro Eldorado. Fotografia de Agosto de 2015. Fotografia do autor.

Além das queimadas, a utilização dessas áreas como pastagens para bovinos faz com que o solo seja compactado, favorecendo a formação do escoamento superficial das águas das chuvas, pois há redução da infiltração.

Mesmo as áreas com vegetação arbórea e de pastagem cultivada na bacia são consideradas, em sua maioria, como fragilidade “Média”. Isso porque, apesar de serem boas coberturas do solo, estão localizadas predominantemente em locais de declividades entre 20 e 45% e até mesmo acima de 45% (Figura 5.14). Isso, associado às pedoformas de encosta convexa. Há exceções, como pequenos polígonos nestes usos, de categoria “Baixa”, ou quando há áreas de vegetação arbórea em declividades abaixo de 20% e em pedoformas de encosta côncava, sendo categorizadas também como “Baixa”.

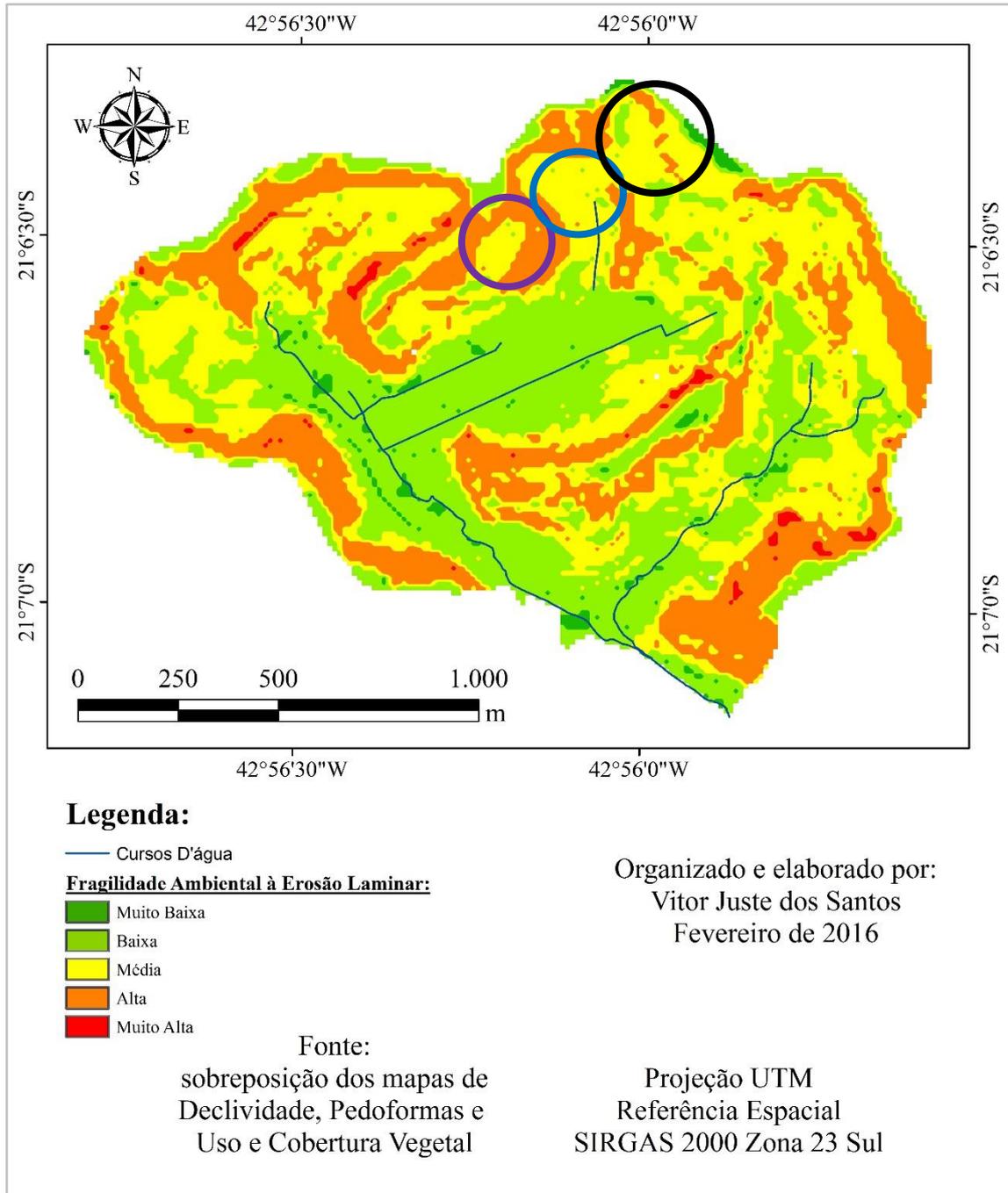


Figura 5.14 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana. Pastagem não-cultivada (círculo roxo), pastagem cultivada (círculo azul) e vegetação arbórea (círculo preto).

Apesar de não serem lugares que deverão ter ocupação imediata, como as do subitem 5.2.1, deve-se ficar atento tanto com as áreas de pastagens não cultivadas, quanto com as de pastagem cultivada e vegetação arbórea. Isso devido a estes usos da terra ocuparem, predominantemente, áreas com declividade superior a 20%, de pedoformas de encosta convexa e rampa. As transformações destas coberturas para a abertura de loteamentos podem levar às consequências

que estão sendo observadas nas áreas citadas no subitem 5.2.1, com a intensificação dos processos erosivos laminares e até mesmo a ocorrência dos lineares.

A figura 5.15 exibe a declividade da área de pastagem cultivada, localizada numa pedoforma rampa, em um intervalo de declividade entre 8 a 20%. Outro exemplo é a figura 5.16, que mostra a declividade à jusante da área de vegetação arbórea evidenciada na figura 5.14. Esta área de mata está em um local com intervalo de declividade entre 20 a 45%, até mesmo acima de 45%, em pedoforma de encosta convexa. A sua retirada para a abertura de um loteamento pode levar a consequências sérias em relação aos processos erosivos.

Diferente das áreas mostradas nos dois subitens anteriores, não houve nestes locais com potencial de ocupação urbana uma alteração significativa do terreno, mas somente de sua cobertura da terra.



Figura 5.15 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana, em uma pastagem cultivada. Fotografia de Abril de 2014. Fotografia do autor.



Figura 5.16 – Exemplos de áreas com potencial de ocupação urbana, em uma pastagem não-cultivada. Fotografia de Abril de 2014. Fotografia do autor.

Assim, a fragilidade intrínseca do solo ainda não foi modificada com cortes no terreno e nem com a exposição dos horizontes C e do regolito. Ou seja, de acordo com a discussão feita no subcapítulo 3.1, sobre os conceitos utilizados neste trabalho, o que ocorreu nestes locais foi a modificação da vulnerabilidade e da suscetibilidade à ocorrência de erosão, com os desmatamentos, queimadas, entre outras práticas destrutivas da cobertura vegetal, transformando-a predominantemente em pastagem não-cultivada.

5.2.4. Áreas de ocupações consolidadas impermeabilizadas

As áreas impermeabilizadas (Área Urbana 1) representam 24,66% da área total da BHCS D. Estão localizadas predominantemente nas baixas encostas e nas planícies de inundações. São áreas de ocupações consolidadas, sendo improvável uma mudança significativa da cobertura da terra. Devido à alta impermeabilização do solo, como mostra a figura 4.8, os processos erosivos laminares são praticamente nulos.

Apesar de haver pouca erosão, é nestes locais que o solo carreado das encostas localizadas à montante é depositado, como nos cursos d'água, causando assoreamento. Além disso os sistemas de drenagem pluvial são afetados, com o entupimento dos mesmos, além de sujar os logradouros, causando transtorno ao trânsito de veículos e pessoas, e aos moradores locais.

Alguns trabalhos em campo evidenciaram essas situações expostas no parágrafo anterior. A figura 5.17 mostra exemplos de situações, em que nos momentos de chuvas mais fortes, que causam escoamentos superficiais acentuados, os solos expostos nos loteamentos mostrados no subitem 5.2.1, descem para as áreas mais baixas e para a planície de inundação.



Figura 5.17 – Exemplos de áreas atingidas por solos carreados das encostas à montante da planície de inundação. Fotografia de Dezembro de 2015. Fotografia do autor.

A figura 5.18 mostra casos de assoreamentos de cursos d'água e comprometimento das redes de drenagens das águas pluviais. O assoreamento dos canais fluviais e o entupimento das redes de drenagem podem provocar outros problemas em momentos de picos de chuvas, como alagamentos e inundações, ocorrências comuns na BHCS D.



Figura 5.18 – Exemplos de canal fluvial e rede de drenagem assoreados pelos solos advindos das encostas à montante das planícies de inundação. Fotografia de Dezembro de 2015. Fotografia do autor.

Portanto, as áreas abaixo de 20% de declividade (que não são da pedofórmula rampa), apesar de serem predominantemente impermeabilizadas, não favorecendo a ocorrência de erosão, são locais que recebem os solos carregados das encostas à montante. São categorizadas como “Baixa” e “Muito Baixa” fragilidade, embora existam algumas áreas de categoria “Média” (Figura 5.19).

Semelhante às áreas do subitem 5.2.3, nas áreas urbanas 1 não houve uma significativa mudança da declividade e nem a exposição dos horizontes mais profundos dos solos. Isso porque as declividades nestes locais são naturalmente mais brandas, geralmente no intervalo entre 3 a 8%, embora existam intervalos entre 8 a 20%. Dessa forma, não são necessários cortes tão grandes no terreno, como os evidenciados nas figuras 5.6 ou 5.12, sendo necessárias modificações menores para a adequação da superfície às construções.

Houve, então, uma significativa mudança da cobertura da terra ao longo do tempo nas planícies de inundações, ocorrendo uma mudança significativa na proteção do solo, ou seja, na vulnerabilidade dos solos à ação das chuvas, não uma transformação na fragilidade intrínseca do terreno.

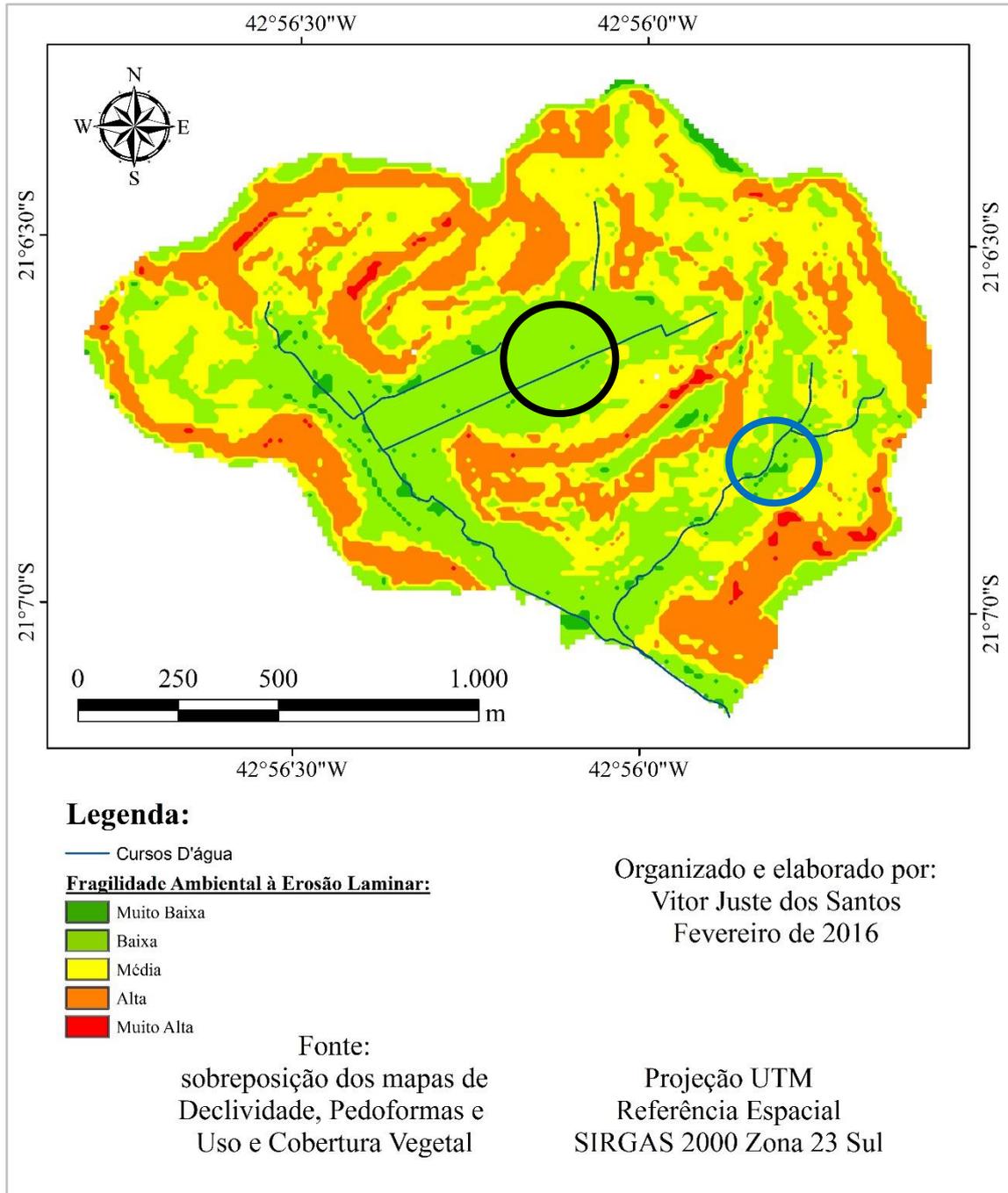


Figura 5.19 – Exemplos de áreas impermeabilizadas nos bairros Bom Pastor (círculo azul) e Eldorado (círculo preto).

5.3 Proposta de zoneamento ambiental para a BHCS D

Com base no mapeamento da fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D e nos trabalhos de campo realizados, foi feito um zoneamento ambiental (Figura 5.20) que mostra

quais são as áreas prioritárias para as ações destinadas a minimizar sua fragilidade à erosão. Este zoneamento foi estruturado em quatro tipos de áreas de atuação principais, sugerindo ações para cada uma das áreas discriminadas no subcapítulo 5.2.

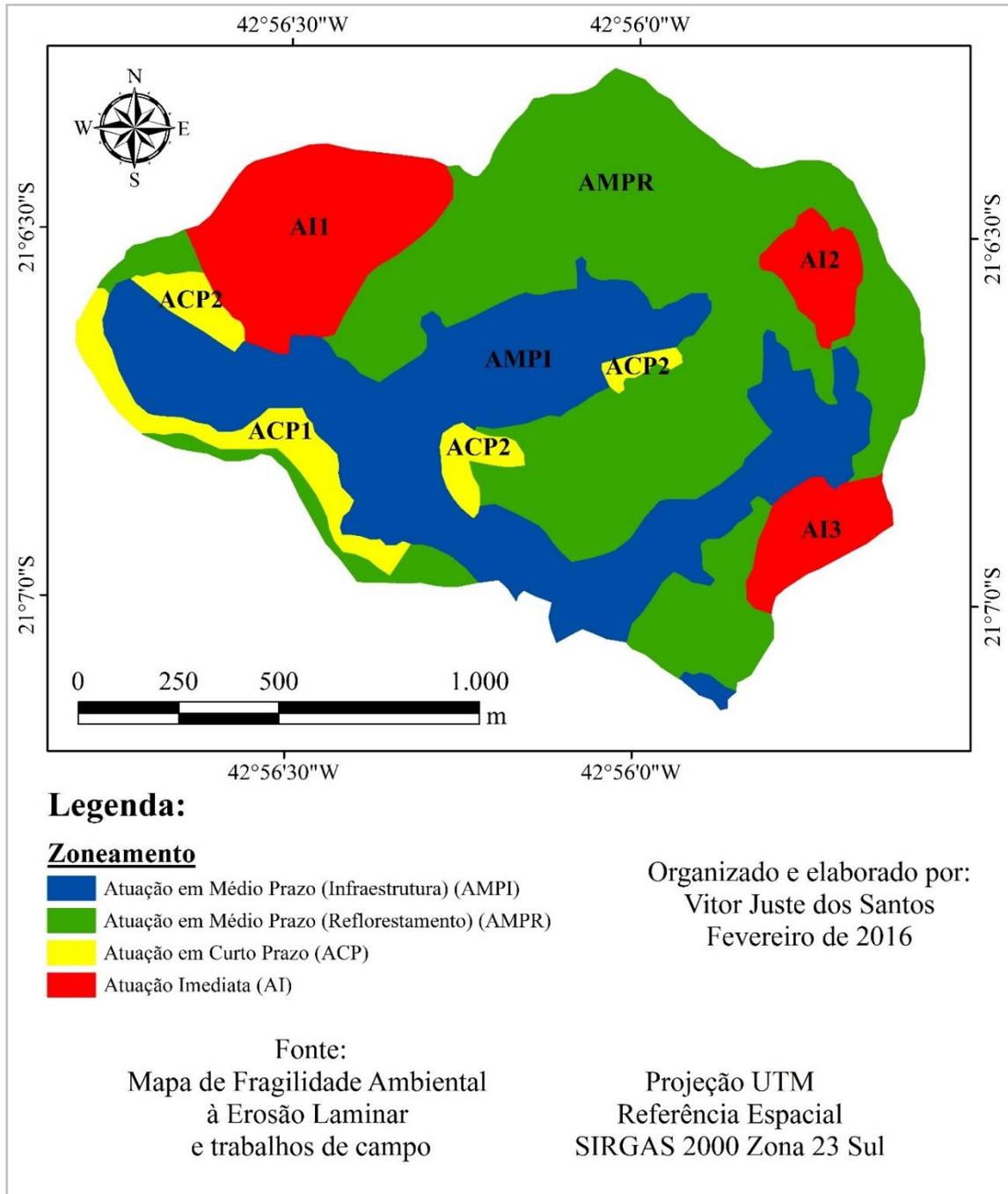


Figura 5.20 – Zoneamento ambiental proposto para a BHCS D.

A legenda da figura 5.20 mostra os quatro tipos de atuação sugeridos para a bacia, sendo que cada um deles possui subtipos detalhados no mapeamento. A diferenciação em subtipos foi necessária, pois, apesar de cada tipo ser específico para cada área discriminada no subcapítulo 5.2, há algumas ações que são específicas em um subtipo e outras que são específicas de outro, apesar de serem do mesmo tipo de atuação. Somente as zonas de atuação imediata (AI) e as zonas de atuação em curto prazo (ACP) foram divididas em subtipos.

As áreas de atuação imediata (AI) estão relacionadas aos locais do subitem 5.2.1, as de atuação em curto prazo (ACP) às do subitem 5.2.2, as de atuação em médio prazo (reflorestamento) (AMPR) às do subitem 5.2.3 e, finalmente, as de atuação em médio prazo (infraestrutura) (AMPI) às do subitem 5.2.4.

As áreas correspondentes de cada zona são mostradas na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Áreas das zonas de atuação da BHCS D.

Zona	Área
Atuação Imediata	338.431,21 m ² (16,59%)
Atuação em Curto Prazo	142.889,93 m ² (7,00%)
Atuação em Médio Prazo (Reflorestamento)	937.238,09 m ² (45,94%)
Atuação em Médio Prazo (Infraestrutura)	621.774,91 m ² (30,47%)
Total	2.040.334,14 m ² (100%)

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.1. Áreas de atuação imediata (AI)

As áreas de atuação imediata correspondem aos dois grandes loteamentos da BHCS D, o Santa Clara (próximo ao bairro São Domingos) (AI1) e o localizado no Bairro Pastor (AI2). O outro local desta zona são os pequenos loteamentos localizados no bairro Bom Pastor (AI3). Estes lugares, pelos transtornos causados à jusante, devido à grande movimentação de solo para as áreas mais baixas em momentos de picos de chuvas, precisam de intervenções rápidas para reduzir suas fragilidades em relação à erosão laminar, ou seja, ações que já comecem a ser implementadas nos próximos meses.

Tucci e Collischonn (2000) apontam que a grande movimentação de solo é comum nas fases de crescimento das cidades, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, abertura de ruas, avenidas, rodovias, entre outros tipos de edificações. Nessas áreas, os solos ficam expostos à erosão no lapso de tempo entre o início do loteamento e o fim

da ocupação. Quando estão totalmente ocupadas, o solo está praticamente todo impermeabilizado, tendendo a um decréscimo significativo no carreamento de sedimentos.

Este tipo de situação provavelmente irá ocorrer nas áreas de loteamento destacadas nesta zona. Atualmente, há grande exposição de solo, mas nas zonas AI1 e AI3 já estão sendo construídas residências. Quando as obras estiverem completas, haverá mais solo impermeabilizado do que exposto, pois não é prevista, na Lei Complementar nº 123, de 13 de julho de 2010 (que institui normas de parcelamento do solo), nenhuma obrigatoriedade de manutenção de área mínima permeável. Ou seja, não é obrigatório reservar área para infiltração da água da chuva. Só é obrigatório, como disposto no Art. 18, parágrafo III, a destinação de 35% dos loteamentos para áreas públicas, sendo 10% para praças, bosques e áreas verdes. No Plano Diretor Municipal (Lei Complementar nº 99, de 17 de janeiro de 2008) também não é mencionado nenhuma obrigatoriedade em reservar áreas permeáveis por lotes individuais.

Como os problemas com a erosão pela exposição do solo estão ocorrendo atualmente, na fase de construção das residências, algumas providências devem ser tomadas quanto à minimização dos processos erosivos.

Na zona AI1, as principais intervenções necessárias à minimização dos processos erosivos são o plantio de vegetação de porte arbóreo associados às gramíneas. A construção de um reservatório de detenção também é uma alternativa para reter os sedimentos que descem das encostas.

No primeiro caso, o plantio de árvores associadas às gramíneas deve ser feito principalmente nas áreas destinadas para o espaço público, e nas áreas onde não houve corte do terreno para abertura das ruas e lotes. Estas áreas em que não houve modificação possuem declividades elevadas, acima de 20%, localizadas em pedoformas de encostas convexas, sendo importante o plantio de vegetação e a manutenção da mesma para diminuir a fragilidade de “Alta” para “Média”.

A recomposição vegetal é umas das indicações para a conservação de encostas, sendo de grande importância para evitar erosões laminares e lineares, movimentos de massa, entre outras consequências, como o soterramento de ruas, entupimento da rede de drenagem e assoreamento dos cursos d’águas. Porém, para cada tipo de ambiente são necessárias determinadas espécies vegetais, que irão se adaptar melhor ao local (LONDE, 2011).

Quanto ao loteamento em si, ou seja, os terrenos que foram modificados, já houve a pavimentação e a construção da rede de drenagem local, sendo fatores importantes para a amenização dos processos erosivos já em cursos na área. No entanto, mesmo com essas ações, o carreamento de sedimentos ainda é intenso para jusante, atingindo as planícies de inundação, onde está a área urbana consolidada impermeabilizada (Zona AMPI). Dessa forma, a construção de um reservatório de retenção na área mais a jusante do loteamento pode diminuir a quantidade de sedimentos que chegam às partes mais baixas da bacia. Tais reservatórios são indicados para reter o volume de sedimentos carreados no momento de chuvas fortes (TUCCI e COLLISCHON, 2000), minimizando os impactos por sedimentos nos cursos d'água (assoreamento), nos logradouros (ruas cobertas de lama) e nos sistemas de drenagens (entupimento de manilhas e bueiros). Os reservatórios têm outras vantagens, pois além de reter parte dos sedimentos que descem à montante, acumula parte das águas do escoamento superficial gerado durante as precipitações, para depois fazer sua devolução lenta e gradual aos leitos dos cursos d'água, atenuando os picos de vazões e redistribuindo as vazões ao longo do tempo (NAKAZONE, 2005). Mais que sedimentos e detritos, os reservatórios de retenção são indicados para reter lixo que também são carreados pelas chuvas (MOTA, 2013). Exemplos de instalação e uso destes reservatórios são encontrados em Nakazone (2005) e Mota (2013), nas cidades de São Paulo e Porto Alegre, respectivamente.

Quanto à zona AI2, que é uma área que possui “Alta” e “Média” fragilidade à erosão, sugere-se a pavimentação das ruas e a construção das redes de drenagem, que ainda não foram feitas. Tais fatores vêm gerando problemas de erosão no próprio loteamento. Porém, diferente da zona AI1, na AI2 o loteamento é envolto por áreas vegetadas, principalmente à jusante do mesmo, onde há uma área de vegetação arbórea significativa. Essa situação contribui para a amenização dos problemas de carreamento de solos para jusante, principalmente nas partes mais baixas da bacia, pois impede que os solos carreados cheguem nestes locais. À montante do loteamento também existe uma pequena mata em regeneração, de médio porte, que é um fator que ameniza a força dos escoamentos superficiais que chegam ao empreendimento. Portanto, a manutenção dessas áreas vegetadas e o aumento das mesmas são necessários para se evitar que os solos erodidos dos lotes cheguem às partes mais baixas da bacia.

Semelhante à zona AI1, a construção de reservatórios de retenção das águas pluviais, sedimentos e lixo contribuirá para reduzir os impactos à jusante do loteamento.

Na zona AI3, existem cortes no terreno em 90°, o que pode acarretar na evolução de processos erosivos lineares. Uma opção para esses casos é a construção de muros de contenção, para evitar movimentos de massa e erosão, associado a um sistema de drenagem, que direcione a água para as manilhas localizadas nos logradouros. Esse direcionamento dos fluxos de água deve ser bem feito, pois caso a água escape do sistema pode causar erosão linear, como vem ocorrendo atualmente (Figura 5.7).

Além da construção dos muros de contenção, é necessária a recuperação das áreas em que há processos erosivos laminares e lineares em curso, à montante dos lotes. Nesses locais, para cessar a erosão em curso, como as ravinas, talvez seja preciso a utilização de técnicas de bioengenharia, como a utilização das mantas biodegradáveis. O plantio de uma vegetação rasteira na área também pode auxiliar.

Quando a fase de construção passar e a impermeabilização do solo predominar sobre estas áreas, serão necessárias ações para que as águas das chuvas não atinjam as planícies de inundação de forma rápida. Como os loteamentos já foram aprovados pela legislação atual, ou seja, não é preciso reservar partes dos terrenos como permeáveis, uma alternativa, nas novas construções que estão sendo feitas, é a instalação de reservatórios para a captação de águas de chuvas nas residências, que poderá ser aproveitada para vários usos, evitando que um grande volume d'água atinja os cursos d'água ao mesmo tempo, minimizando problemas com alagamentos e inundações.

E como foi exposto, nas áreas em que não houve transformação do terreno, o plantio de vegetação irá aumentar a infiltração das águas das chuvas, evitando os escoamentos superficiais e provendo o lençol freático com maior volume d'água.

5.3.2 Áreas de atuação em curto prazo (ACP)

As ACP's foram divididas em dois subtipos (ACP 1 e ACP2). Isso, devido às necessidades de intervenções diferentes nas mesmas.

No caso da ACP1 há grande exposição de solo entre as residências já consolidadas no bairro São Domingos. Isso ocorre porque no momento de construção das casas houve cortes em 90° nas encostas. Tais cortes deixam os solos expostos mesmo após o término da construção, pois nos fundos dos terrenos os solos não impermeabilizados ficam expostos, como mostram as

figuras 5.9 e 5.12. Assim, os processos erosivos atuam de forma acentuada nessas áreas, além do risco de ocorrência de movimentos de massa.

Além dos cortes em 90°, entre as residências existem ruas que não foram pavimentadas, contribuindo para a geração de processos erosivos mais acentuados, como os lineares. São comuns, também, os lotes vagos, que geralmente são limpos através de queimadas e retirada da vegetação. No momento de picos de chuvas, dessas áreas são movimentados muitos sedimentos, inclusive lixo.

Portanto, são necessárias as seguintes ações na ACP1: 1) a pavimentação das ruas com solos expostos, além da construção de um sistema de drenagem nas mesmas; 2) a limpeza dos lotes deve ser feita de forma manual, não através de queimadas, sendo a vegetação retirada aproveitada no mesmo local, servindo como serapilheira para a proteção dos solos; 3) nos cortes em 90°, localizados principalmente nos fundos das residências, é preciso a construção de muros de contenção associados a um sistema de drenagem.

Quanto às ACP's 2, os principais problemas relacionados à erosão são os cortes em 90° nas encostas. Portanto, a sugestão de ação é a mesma do item 3 da ACP1.

Com o passar do tempo, as ACP's podem se tornar tão impermeabilizadas quanto a zona AMPI. Isso pode provocar problemas futuros, como as enxurradas, que levarão um grande volume de água ao mesmo tempo para as partes mais baixas da bacia em momentos de picos de chuvas, provocando os alagamentos e inundações. Portanto, a construção de reservatórios para a captação das águas das chuvas nas residências pode amenizar tais problemas no futuro, como foi sugerido para o subtipo AI3.

5.3.3 Áreas de atuação em médio prazo (reflorestamento) (AMPR)

Na zona AMPR predominam a pastagem não cultivada, a pastagem cultivada e a vegetação arbórea como cobertura da terra, sendo que prevalecem as fragilidades “Média” e “Alta”. Como essa zona está praticamente toda inserida em áreas de encostas (seja convexa ou côncava), com declividades acima de 20%, é necessária a manutenção de uma boa cobertura vegetal para reduzir sua fragilidade à erosão laminar.

As seguintes ações são sugeridas: 1) proteger e manter as áreas com vegetação arbórea e pastagem cultivada; 2) para os locais com pastagens não cultivadas, evitar as queimadas durante

o período de estiagem (de maio a agosto), evitar pisoteio de gado, e expandir o plantio de espécies arbóreas.

No entanto, cabe ressaltar, que essa zona contém possíveis áreas de futura expansão urbana. Assim, são necessárias mudanças na legislação atual quanto ao parcelamento do solo, para evitar problemas com processos erosivos observados nos loteamentos que foram abertos atualmente, e com a impermeabilização do solo.

Algumas ações podem reduzir os problemas causados pela considerável movimentação de terra quando da abertura de um loteamento. A primeira sugestão é que os loteamentos sejam abertos nos períodos de estiagem (de maio a agosto), sendo que, como não é possível a instalação de pavimentos e da rede de drenagem em tão curto prazo, outras intervenções sejam feitas para reter os sedimentos que descem das encostas durante, principalmente, o período chuvoso (setembro a abril), como a construção de reservatórios de retenção à jusante dos loteamentos.

Quanto à legislação atual, a área mínima dos lotes para fins residenciais (unifamiliar) é de 200 m². Esse é exatamente o tamanho dos lotes nas zonas AI1 e AI2. Sendo que tais zonas possuem 215.748,11 e 54.298,21 m², respectivamente, e segundo a legislação, 35% dessas áreas devem ser destinadas às praças, bosques, áreas verdes, equipamentos comunitários e urbanos, e para as vias de circulação, resta, para construção 140.236,27 m² na zona AI1 e 35.293,84 m² na AI2. Supondo que tais zonas sejam ocupadas em 100% de suas superfícies disponíveis para a construção de residências mais os afastamentos, e lembrando que os lotes individuais podem ser 100% impermeabilizados, toda essa área na zona AI1 seria impermeabilizada, sendo que o mesmo vale para a AI2.

Claro que este é um cenário hipotético, mas como é observado nos padrões urbanísticos na bacia como um todo, principalmente quando se trata do bairro São Domingos, tal cenário não deve ser totalmente descartado. Assim sendo, a zona AMPR possui 937.238,09 m² (45,94% da BHCS D). Considerando essa área nos moldes do parcelamento atual do solo, 328.033,33 m² (35%) seriam destinadas às áreas públicas e 609.204,76 m² (65%) às áreas residenciais. As áreas urbanas da BHCS D (Área Urbana 1 e 2) somam 684.467,79 m² (34,79%). Ou seja, uma área equivalente à área urbana atual na bacia pode surgir em médio e longo prazo se a legislação atual de parcelamento do solo for mantida, isso sem contar as áreas que serão urbanizadas em um curto prazo, que são os loteamentos atuais.

Nesse cenário, a BHCS D terá 1.469.202,66 m² de área urbanizada, ou seja, 72% de sua superfície ocupada por áreas urbanas. Se com os 34,79% atuais já se possui problemas ligados aos picos de vazão dos cursos d'água da bacia, com quase três quartos da bacia impermeabilizada os problemas desse tipo tendem a aumentar, embora os processos erosivos tendam a diminuir.

O aumento das áreas mínimas dos lotes e a diminuição das taxas de impermeabilização em cada um podem amenizar o cenário descrito anteriormente. Por exemplo, se na legislação houver a mudança do tamanho dos lotes mínimos para 400 m², ou seja, o dobro do atual, e destinar 50% dessas áreas para superfícies permeáveis, mantendo-se 200 m² para a impermeabilização, teríamos uma redução de 304.602,38 m². Como os loteamentos atuais já foram feitos com base na legislação em vigor, as mudanças propostas aqui só seriam válidas para a zona AMPR. Assim, com a redução, em médio prazo, a bacia poderá ter 1.164.600,28 m², reduzindo para 57,08% a superfície ocupada. É, ainda, uma área considerável, mas melhor do que o cenário anterior.

Essa mudança do parcelamento do solo, além de ser prevista em lei, pode ser incentivada pela redução do IPTU, por exemplo. Assim, os proprietários que mantiverem parte de seus terrenos como áreas verdes recebem desconto no valor do imposto. Exemplo desse tipo de incentivo já está em prática em Curitiba, prevista pela Lei Complementar nº 9.806/2000, que estabelece o Código Florestal do Município de Curitiba.

Além do incentivo à manutenção de áreas verdes, pode-se ser feito o mesmo quanto à construção de reservatórios para a captação das águas das chuvas, para posterior aproveitamento das mesmas em serviços domésticos, por exemplo. A redução do IPTU para este fim também pode ser incentivada nas outras zonas.

5.3.4. Áreas de atuação em médio prazo (infraestrutura) (AMPI)

A AMPI é a zona de ocupação consolidada mais impermeabilizada da bacia. Dessa forma, a fragilidade ambiental à erosão é considerada “Baixa” e “Muito Baixa”, e os processos erosivos em curso são poucos. No entanto, é importante considerar essa zona no conjunto da gestão da BHCS D.

Como são as áreas que recebem sedimentos das encostas à montante, são as mais afetadas pelo assoreamento dos cursos d'águas, entupimento de bueiros e manilhas, além de sujeiras nas ruas causadas pela lama. Dessa forma, algumas ações são importantes, como a limpeza constante dos córregos que cortam a bacia, removendo sedimentos e lixos nos mesmos, limpeza constante das manilhas e bueiros, desentupindo-os, além da gestão dessa rede de drenagem, trocando manilhas menores por outras com maior capacidade de escoamento da água da chuva. Essas ações são importantes para evitar problemas que estão relacionados com as erosões das encostas, que são os alagamentos e inundações.

As próprias sugestões de ações, se colocadas em práticas, nas zonas AI, ACP e AMPR, localizadas predominantemente nas áreas de encostas, auxiliarão na gestão da zona AMPI. Isso, devido à menor quantidade de sedimentos que alcançarão as partes mais baixas da BHCS D.

Outra ação, sugerida para todas as outras zonas, é a construção de reservatórios para a captação de água de chuva nas residências. A água captada poderá ser utilizada para vários usos, além de diminuir o tempo de concentração das águas do escoamento superficial que atingem os cursos d'águas e a rede de drenagem, sobrecarregando-os menos, minimizando as ocorrências de alagamentos e inundações. Esse tipo de ação pode ser obrigatório por lei, incentivada pela redução do IPTU.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa atestam que as áreas com maior fragilidade ambiental à erosão laminar na BHCS D são encontradas nas partes altas e médias das encostas, onde predominam as formas convexas e de maior declividade. Estas áreas também possuem os solos mais frágeis em relação aos processos erosivos. Além disso, em algumas dessas áreas estão ocorrendo aberturas de loteamentos, construções de residências, abertura de vias de circulação, entre outras transformações do terreno através de cortes e aterros. Há, também, a ocorrência de processos erosivos do tipo linear, que embora não tenha sido objeto desta pesquisa, teve que ser considerado devido à exposição do solo que tais erosões proporcionam.

Nas partes baixas das encostas e nas áreas de rampas predomina a fragilidade média, devido, em geral, às menores declividades, às formas côncavas e os solos associados a tais formas. Porém, cabe destacar, que devido às grandes transformações dos terrenos através da abertura de loteamentos, algumas áreas consideradas como média fragilidade apresentam processos erosivos em curso, tão intensos quanto os das áreas de maior fragilidade.

Já as áreas com as menores fragilidades à erosão laminar são as que apresentam as menores declividades, ou seja, as planícies de inundações, próximas aos cursos d'águas. Tais áreas possuem as maiores superfícies impermeabilizadas da BHCS D, outro fator que favorece a diminuição da fragilidade em relação à erosão. No entanto, são nestes locais que os sedimentos vindos de montante são depositados, principalmente oriundos das áreas onde está havendo abertura de loteamentos e processos erosivos lineares, resultando em assoreamento dos cursos d'águas, entupimento de bueiros e manilhas. Acontecimentos estes que contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações.

Na introdução desta pesquisa, foi feita a seguinte indagação: Em que medida as ações humanas (representadas neste trabalho como os cortes de encostas, abertura de loteamentos, queimadas, ocupações irregulares, desmatamento, etc.) são responsáveis pelos processos erosivos laminares na bacia hidrográfica em estudo?

Pelos resultados expostos, fica claro que a abertura de loteamentos vem sendo o principal provedor de sedimentos para as áreas à jusante, atingindo, principalmente, as partes mais baixas da bacia, que é também a mais urbanizada.

Além disso, a supressão da vegetação nativa local, as queimadas constantes durante os meses de estiagem (de maio a setembro) e o pisoteio de gado são outros fatores importantes que colaboram para a intensificação de processos erosivos laminares. Tais fatores são tão importantes, que em áreas de declividades elevadas e em pastagens não cultivadas que são pisoteadas por gados e queimadas constantemente, estão começando a surgir sulcos e ravinas, evidenciando a evolução da erosão laminar para o tipo linear. Estas áreas aparecem no mapeamento de uso e cobertura vegetal como solos expostos, colaborando com a disponibilização de sedimentos para as áreas mais baixas tanto quanto a abertura dos loteamentos.

É evidente, como mostrado no zoneamento da bacia, que as áreas de loteamento e aquelas com processos erosivos lineares em curso, demandam ações estruturais urgentes, utilizando técnicas de engenharia, como os reservatórios de retenção, os sistemas de drenagens, entre outros, assim como técnicas de bioengenharia, como as mantas biodegradáveis e recuperação da vegetação.

Porém, ações não estruturais são igualmente importantes. A legislação atual quanto ao uso e parcelamento do solo na BHCS D permite grandes modificações no terreno, primeiramente com os cortes e aterros, nas fases de construção, e posteriormente, total impermeabilização, quando terminam as construções. Tal fato vem implicando em problemas ambientais para a bacia, como a erosão, o assoreamento dos cursos d'água, alagamentos e inundações.

Para que a situação não se agrave, ou pelo menos sejam minimizadas as transformações na bacia, é preciso uma legislação mais severa quanto o uso e parcelamento do solo, principalmente para as áreas que são de futura expansão urbana. Tais áreas são as encostas, pois foi o que sobrou de superfície para ser ocupada na bacia. Assim, transformações nestas encostas, sobretudo as de maior declividade, podem implicar em problemas com processos erosivos como os observados na abertura dos loteamentos Santa Clara e no Bom Pastor.

As conclusões aqui apresentadas só se tornaram possíveis devido ao mapeamento da fragilidade ambiental, com foco na erosão laminar, através da metodologia desenvolvida por Ross (1990; 1994). Pelo mapeamento foi possível identificar, de forma hierárquica, das áreas mais às menos frágeis na bacia, sendo possível, a partir daí, produzir um zoneamento para a BHCS D, com sugestão de ações voltadas a minimizar as fragilidades locais à erosão laminar.

Tal fato demonstra como as metodologias de mapeamentos ambientais são fundamentais para conhecer a área em estudo, descobrir quais são os problemas e porque ocorrem, e então definir ações para a solução ou minimização dos mesmos.

No caso desta pesquisa foi utilizada a metodologia de Ross (1990; 1994), porém existem outras, como foi mostrado no capítulo 3. Tais metodologias são semelhantes quanto aos procedimentos metodológicos, como o levantamento de informações preliminares (relevo, solos, rochas, clima, vegetações), o relacionamento entre estes planos de informações, resultando num mapeamento que demonstre a fragilidade (ou vulnerabilidade/suscetibilidade) da área estudada.

No entanto, as distintas metodologias diferem em quais planos de informações utilizar na pesquisa, como será o relacionamento entre os mesmos, entre outras particularidades, que resultarão em diferentes mapeamentos finais. Ou seja, a aplicação de cada metodologia, mesmo pesquisando uma mesma área, irá resultar em mapeamentos diferentes.

Isso significa que o mapeamento feito nesta pesquisa, e o zoneamento proveniente do mesmo, não são unânimes. As aplicações de outras metodologias vão mostrar resultados díspares ao encontrado neste estudo, o que contribuiria, significativamente, nas discussões sobre o objeto pesquisado. Como consequência, outros zoneamentos poderiam ser feitos com base nesses novos mapeamentos.

Então, um outro passo em relação a este estudo seria a aplicação de outras metodologias para fins de comparação. Além disso, para a área pesquisada, como para todo o município de Ubá, são necessários produtos cartográficos em escala de maior detalhe, como os mapeamentos pedológicos, geológicos e topográficos. O levantamento de dados sobre pluviosidade, temperatura, entre outros parâmetros climáticos também são importantes, mas que sejam específicos da área pesquisada, assim como de outras pequenas bacias hidrográficas em Ubá. Um avanço nos estudos dos aspectos físicos do município contribuiria, sobremaneira, para melhorar as pesquisas sobre os problemas ambientais no município, como os ocasionados pela erosão.

Outras pesquisas, que foquem além das dinâmicas ambientais, são importantes para a BHCS. Aqui, foi tratada de forma introdutória e superficial a ocupação da bacia (Capítulo 2), sendo importante outros estudos que relacionem essa ocupação aos aspectos sociais, culturais, econômicos, políticos e administrativos. Tais estudos são importantes, pois ajudariam em fazer

prognósticos de como irá evoluir a ocupação dentro da área estudada e em Ubá, como um todo. Esses trabalhos poderiam ser feitos em outras pequenas bacias hidrográficas, servindo como modelos, que seriam melhorados ao longo do tempo.

É importante que estudos como este sejam levados à ciência do poder público local e acessíveis à comunidade que reside na BHCS D. A consulta pública e a opinião da população são tão importantes quanto os aspectos científicos e técnicos abordados nesta pesquisa. O conhecimento dos residentes da área em estudo é de fundamental importância para a melhoria da pesquisa, sendo um fator que contribuiria para uma melhor definição do zoneamento produzido para a bacia.

Visto que o mapeamento e o zoneamento foram realizados dentro do contexto atual da BHCS D, com o passar do tempo, a evolução da dinâmica demográfica e a consequente transformação do terreno irá modificar a conformação do uso e cobertura da terra na bacia. Por isso, é necessária a atualização dos mapeamentos e dos trabalhos em campo, com o intuito de acompanhar as mudanças que vão ocorrer ao longo dos anos. Tais ações são importantes para confirmar ou refutar os prognósticos atuais, atualizar o zoneamento e modificar a gestão da ocupação da bacia.

Foi visto que os problemas relacionados à erosão na BHCS D são advindos da denominada erosão acelerada ou antropogênica, ou seja, aquela que é intensificada pelas ações humanas, representadas, neste caso, pela abertura de loteamentos através de cortes e aterros, pelas queimadas, desmatamentos, criação de bovinos, entre outras causas, como as ocupações irregulares.

Desde as empresas que investem nestes empreendimentos imobiliários, passando pelo poder público que libera tais empreendimentos, até à população que compra os lotes, há certa parcela de responsabilidade para cada um destes. Além disso, das pessoas que colocam fogo nos pastos àquelas que criam gado, cada uma contribui para a ocorrência de processos erosivos. Assim, é preciso, além das pesquisas que objetivam sugerir ações para minimizar os problemas e do poder público para efetivar tais ações, que a população participe e procure contribuir para a melhoria da qualidade ambiental de onde vive.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, Walter Antônio Pereira. *et al.* **Levantamento de solos e aptidão agrícola das terras do município de Ubá – MG.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa/Prefeitura de Ubá, 2000.
- ALBINO, Andréia Aparecida. **Uma abordagem evolucionária do APL moveleiro de Ubá: competitividade e políticas públicas estratificadas.** 2009. 176f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.
- ALVES, Gillian Del Puppo. **Eficiência produtiva e indicadores financeiros das empresas moveleiras de Ubá-MG.** 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3244/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- AMARAL, Rosângela do; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches Ross. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. São Paulo: **GEOUSP**, n. 26, 2009, p. 59-78. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/geousp/ojs-2.2.4/index.php/geousp/article/view/128/42>>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- AMARAL, Rosângela do; RIBEIRO, Rogério Rodrigues. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2015.
- AMORIM FILHO, Oswaldo Bueno; RIGOTTI, José Irineu Rangel; CAMPOS, Jarvis. Os níveis hierárquicos das cidades médias de Minas Gerais. **Revista RA’EGA.** Curitiba, v. 13, 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/view/7784/9076>>. Acesso em: 01 out. 2015.
- ANDRADE, Manuel Correia de. Aspectos geográficos da região de Ubá. **Anais da associação dos geógrafos brasileiros**, São Paulo, Avulso n. 1, 1961.
- ARNESEN, Allan Saddi; MAIA, Janaina Sant’Ana. Análise da vulnerabilidade natural à erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca através de técnicas de geoprocessamento: um subsídio à governança territorial. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Curitiba, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. p. 1113-1120. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0409.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- BARBOSA, Alda Monteiro; SOARES, João Viane; MEDEIROS, José Simeão de. Utilização de sistemas de informações geográficas e produtos de sensoriamento remoto como subsídio para planejamento em ecoturismo no município de Capitólio-MG. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Belo Horizonte, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2003. p. 551-558. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.18.04.23/doc/05_417.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

- BARBOSA, Ronaldo dos Santos. Análise da susceptibilidade e da potencialidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do riacho Açaizal em Senador La Rocque (MA). In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Curitiba, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. p. 1471-1478. Disponível em: <<http://mar.te.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.21.13.14/doc/p0462.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- BITAR, Omar Yazbek; *et al.* **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000**: nota técnica explicativa. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2014, 50 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/suscetibilidade/Nota_Tecnica_Explicativa_Carta_Suscetibilidade.pdf>. Acesso em: 12 set. 2015.
- BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.
- BOTELHO, Rosângela Garrido Machado; SILVA, Antonio Soares da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153-192.
- CABRAL, João Batista Pereira; *et al.* Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. Barcelona: **Geofocus**, n. 11, 2011, p. 51-69. Disponível em: <http://geofocus.rediris.es/2011/Articulo3_2011.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147 p.
- CHORLEY, Richard John. The drainage basin as the fundamental geomorphic unit. In: CHORLEY, Richard John (Org.). **Water, earth and man: a synthesis of hydrology, geomorphology and socio-economic geography**. Londres: Methuen & Co Ltd., 1969. 608 p.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. 188 p.
- COELHO NETTO, Ana Luiza. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 93-148.
- CORINGA, Elaine de Arruda Oliveira. **Solos**. Curitiba: Livro Técnico, 2012. 248 p.
- COSTA, Helder; TEUBER, Wilfried. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – uma abordagem geral**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001, 160 p.
- COSTA, Thomaz Correa e Castro da; *et al.* **Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2007. p. 2493-2500. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119852/1/Vulnerabilidade-ambiental.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

CREPANI, Edilson; *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001, 124 p. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 211-252.

DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. A cidade de Curitiba e a poluição do ar. In: MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (Org.). **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, p. 155-174, 2002.

DONHA, Annelissa Gobel.; SOUZA, Luiz Cláudio de Paula.; SUGAMOSTO, Maria Lúcia. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. Campina Grande, PR: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, 2006, p. 175-181. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a26.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª ed. Brasília: EMBRAPA/Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

FREITAS, Marcos Wellausen Dias de; *et al.* Aplicações de geoprocessamento no estudo dos geossistemas e Zoneamento Ecológico-Econômico da Serra das Almas (CE/PI). In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005. p. 2153-2160. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/attachment.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.13.33/doc/2153.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

GEWEHR, Mathias Felipe. A explosão demográfica: causas e consequências. **Boletim Jurídico**, Uberaba/MG, a. 4, nº 184. Disponível em: <<http://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/texto.asp?id=1372>>. Acesso em: 05 set. 2014.

GIMENES, Filipe Biaggioni Quessada; AUGUSTO FILHO, Oswaldo. **Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG).** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. p. 6564-6571. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0326.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

GONÇALVES, Geula Graciela Gomes; *et al.* Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. Curitiba, PR: **Floresta**, v. 41, n. 4, out./dez., 2011, p. 797-808. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Vitorino/publication/273428131_DETERMINAO_DA_FRAGILIDADE_AMBIENTAL_DE_BACIAS_HIDROGRFICAS/links/552ea3770cf2d495071a8c4d.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

GUERRA, Antônio José Teixeira. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 17-55.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 149-209.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MENDONÇA, Jane Karina Silva. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 225-256.

GUIMARÃES, Leandro José Ribeiro; SANTOS, Leonardo José Cordeiro. Levantamento das áreas potenciais à erosão laminar como suporte à detecção das áreas-fonte ao assoreamento na barragem Piraquara. Curitiba, PR: **Revista Geografar**, v. 2, n. 2, p. 172-188, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/geografar/article/view/12106/8465>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

HOGAN, D. J. Crescimento demográfico e meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Campinas, v. 8, n. ½, p. 61-71, 1991. Disponível em: <<http://www.rebep.org.br/index.php/revista/article/view/524>>. Acesso: 06 set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2013. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em: 12 set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfolgia.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Região de Influência das Cidades**. Rio de Janeiro, 2008. 201 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm?c=6>>. Acesso em: 18 set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 331 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE CIDADES). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 3 out. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEADATA). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

- JULIÃO, Rui Pedro; *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal.** Portugal: Autoridade nacional de proteção civil (ANPC), 2008. Disponível em: <http://www.proteccaocivil.pt/Documents/guia_metodologico_SIG.pdf>. Acesso em: 12 set. 2015.
- KAWAKUBO, Fernando Shinji; *et al.* Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005. p. 2203-2210. Disponível em: <<http://mar.tecnico.unicamp.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.
- KOBIYAMA, Masato; MOTA, Aline de Almeida; CORSEUIL, Cláudia Weber. **Recursos hídricos e saneamento.** Curitiba: Organic Trading, 2008. 160 p. Disponível em: <http://logatti.edu.br/images/recursos_hidricos_saneamento.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- LEITE, Emerson Figueiredo; *et al.* Panorama das condições ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Areias, Tocantins. Porto Nacional, TO: **Revista Interface**, n. 7, 2014, p. 117-126. Disponível em: <<http://www.revista.uft.edu.br/index.php/interface/article/view/698/394>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- LONDE, Patrícia Ribeiro; BITAR, Norma Aparecida Borges. Importância do uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes do lixão desativado no município de Patos de Minas (MG). Patos de Minas (MG): **Perquirere**, v. 8, n. 2, 2011, p. 224-249. Disponível em: <http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/54719/importancia_do_uso_de_vegetacao_para_contencao.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.
- MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Diagnóstico Ambiental e Ordenamento Territorial – instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas/MG.** Niterói: UFF, 2012 (Tese de Doutorado em Geografia). Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/represa_chapeu_duva.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução à hidrogeografia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.
- MELO, Ordilei Aparecido Gaspar de; SANTOS, Manoel Luiz de. Análise comparativa da vulnerabilidade ambiental potencial ou emergente da bacia hidrográfica do rio Baiano – Assis Chateaubriand/PR. **Boletim de Geografia.** Maringá: UEM, v. 28, n. 2, 2010, p. 17-27. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/10375>>. Acesso em: 11 set. 2015.
- MESQUITA, Carolina; ASSIS, Andréia Quintão Soares de; SOUZA, Rodrigo Marcos de. Vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do Rio Sagrado – Morretes/PR. Recife: **Revista de Geografia**, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, 2010, p. 249-264. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/347/323>>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- MOTA, Erika; *et al.* **Projeto técnico: reservatórios de detenção.** Soluções para cidades, 2013. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.

MOTA, Lydia Helena da Silva de Oliveira; VALLADARES, Gustavo Souza. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. Fortaleza: **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, jan./mar., 2011, p. 39-50. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1041/533>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

NAKASHIMA, Myriam da Silveira Reis. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. Maringá, PR: **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, 2001, p. 1547-1560. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/2798/1851>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

NAKAZONE, Lucia Midori. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU**. 2005. 305f. Dissertação (Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<file:///C:/Users/Vitor/Downloads/ImplantacaoReservatoriosDetencao.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

OGURA, Agostinho Tadashi; *et al.* **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. Brasil: Ministério das Cidades, 2013, 121 p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

OLIVEIRA, Paula Cristina Almeida de; RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; RODRIGUES, Silvio Carlos. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. Taubaté, SP: **Revista Ambiente e Água**, v. 3, n.1, 2008, p. 54-67. Disponível em: <http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Silvio_Carlos_Rodrigues11_Fragilidade_ambiental_e_o_uso_do_solo.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

OLIVEIRA, Paulo Rogério Soares de. *et al.* **Cadeia produtiva da movelaria: polo moveleiro de Ubá**. Viçosa, MG: U.R. EPAMIG ZM, 2010. 66p.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de; *et al.* Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. São Paulo: **Geociências**, v. 28, n. 4, 2009, p. 417-424. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/geosp/v28n4/v28n4a06.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

OLIVEIRA, Victoria Christina Vilela. **Suscetibilidade e risco à erosão laminar no setor sul do alto curso da bacia do Rio Araguaia (GO/MT): discussão metodológica e proposta de avaliação espacial**. 2004. 149f. Dissertação – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Suscetibilidade_Victoria_2004_17489_07867.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2015.

ORMOND, José Geraldo Pacheco. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2006. 316 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/glossrio_bndes_textodoc_46.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2015.

PETSCH, Carina; *et al.* Elaboração das cartas de suscetibilidade e potencialidade à erosão laminar em Douradina, Estado do Paraná. Recife (PE): **Revista Brasileira de Geografia**

Física, v. 5, n. 2, 2012, p. 400-411. Disponível em:

<<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/293/288>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

PIRES, Lucas Valente. **Determinação de áreas susceptíveis à erosão no perímetro urbano do município de Ubá (MG) utilizando ferramentas de geoprocessamento**. 2010. 50f. Monografia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBÁ (PMU), 2012. Disponível em:

<http://www.uba.mg.gov.br/mat_vis.aspx?cd=7829>. Acesso em: 22 nov. 2014.

RIBEIRO, Fernanda Leite.; CAMPOS, Sérgio. Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. Campina Grande, PR: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, 2007, p. 628-636. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n6/v11n06a12.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

RISER, Jean. **Erosão e paisagens naturais**. Portugal, Lisboa: Instituto Piaget, 1995. 127 p.

ROCHA, G. C. **Riscos Ambientais: Análise e Mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2005. 126 p.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 147-166.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH/USP, n. 6, p. 17-29, 1992. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/47108/50829>>. Acesso em: 05 set. 2014.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/47327/51063>>. Disponível em: 05 set. 2014. Acesso em: 05 set. 2014.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH/USP, n. 9, p. 65-75, 1995. Disponível em:

<<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/211>>. Acesso em: 05 set. 2014.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Ensaio e experimentos na análise da fragilidade dos ambientes naturais: o penetrômetro de percussão. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 11, p. 57-66, 1997. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53718>>. Acesso em: 05 set. 2014.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela

Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-268.

SANTORO, Jair. Erosão continental. In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 53-70. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

SANTOS, Clibson Alves dos; SOBREIRA, Frederico Garcia. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. São Paulo: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 1, 2008, p. 65-73. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/viewFile/102/96>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

SANTOS, Fernando Pereira dos; BAYER, Maximiliano; CARVALHO, Thiago Morato de. Compartimentação pedológica da bacia do rio dos bois, municípios de Cezarina, Varjão, Guapó e Palmeiras de Goiás (GO) e sua relação com a suscetibilidade e risco à erosão laminar. Goiânia: **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n.2, jul./dez., 2008, p. 103-124. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4785660>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

SANTOS, Jader de Oliveira; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**. Dourados: UFGD, v.8, n. 10, 2012, p. 127-144. Disponível em: <<http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/260>>. Acesso em: 22 set. 2015.

SANTOS, Mariana Rodrigues Ribeiro dos; FALCOSKI, Luiz Antônio Nigro; RANIERI, Victor Eduardo Lima. **Planejamento territorial municipal e a questão ambiental: contribuições para a discussão sobre a construção de uma base ambiental**. In: V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente de REDIBEC e V Jornadas de la Asociación Argentina Uruguay de Economía Ecológica. Anais... Santa Fé (Argentina): Ciudad Universitaria, 2012, 15 p. Disponível em: <http://fich.unl.edu.ar/CISDAV/upload/Ponencias_y_Posters/Eje07/Rodrigues_Ribeiro_dos_Santos_otros/SANTOS_PLANEJAMENTO%20TERRITORIAL%20MUNICIPAL%20E%20A%20QUESTAO%20AMBIENTAL.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SANTOS, Sara Alves dos. Análise de suscetibilidade e potencial à erosão laminar da Área de Preservação Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** João Pessoa (PB), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2015. p. 7246-7251. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1610.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

SANTOS, Vitor Juste. **Episódios Pluviais Intensos: um estudo de caso sobre o município de Ubá/MG**. 2013. 116 f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2013/08/Vitor-Juste-dos-Santos.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

SINDICATO INTERMUNICIPAL DAS INDÚSTRIAS MOVELEIRAS DE UBÁ (INTERSIND). Disponível em: <<http://www.intersind.com.br/index.php>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

SILVA, Adrian Rovetta da. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento sustentável do arranjo produtivo moveleiro de Ubá-MG**. 2008. 144f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1923/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

SILVA, Priscila Vargas da; *et al.* A visão sistêmica na gestão de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 19., 2011, Maceió. **Anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 14 p. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/2d4f6715e535a8dedd3c1ad0c9fa88f2_5c15991969b50f5363d47df337d4319c.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2015.

SOUZA, José Carlos de. **Avaliação da suscetibilidade e do potencial a erosão laminar da Bacia do Ribeirão Sozinha (GO)**. 2010. 100 f. Dissertação – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/1846/1/Dissertacao%20jose%20carlos%20de%20souza%202010.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

SPORL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista GEOUSP: Espaço e Tempo**. São Paulo: FFLCH/USP, n. 15, 2004, p. 39-49. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp15/Artigo3.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2015.

TOMINAGA, L. K. **Análise e mapeamento de risco**. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 147-160. Disponível em: <www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2014.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MARQUES NETO, Roberto; MENEZES, Sebastião de Oliveira. **Introdução à geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 322 p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; COLLISCHON, Walter. Drenagem Urbana e Controle de Erosão. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MARQUES, David Motta (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000, v. 1, p. 119-127.

UNITED NATION – UN, 2013. Disponível em: <<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=45165>>. Acesso em: 12 set. 2014.

UNITED NATION – UN, 2014. Disponível em: <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-3.pdf>. Acesso em: 12 set. 2014.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS (UEMG/UNIDADE UBÁ). Disponível em: <<http://www.uemguba.edu.br/>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

VALENTE, Antônio Luís Schifino; *et al.* Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão laminar devido a fatores naturais: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS). Rio Grande, RS: **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 2, p. 85-92, 2011. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Sumario_Numero2.htm>. Acesso em: 14 dez. 2015.

VALLADARES, Gustavo Souza; *et al.* Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. Brasília: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/23.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

VASHCHENKO, Yuri; FAVARETTO, Nerilde; BIONDI, Daniela. Fragilidade ambiental nos picos Camacuã, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR. Curitiba, PR: **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 201-215, mai./ago. 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/8650/6007>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

WEILL, Mara de Andrade Marinho; PIRES NETO, Antônio Gonçalves. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, Rozely Ferreira (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 39-58. Disponível em: <http://fld.com.br.s125105.gridserver.com/arquivos/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2015.

ANEXO

HIERARQUIA DOS CENTROS URBANOS BRASILEIROS

Níveis	Características	Subníveis	Características
Metrópole	São os 12 principais centros urbanos do País, que se caracterizam por seu grande porte e por fortes relacionamentos entre si, além de, em geral, possuírem extensa área de influência direta.	A	Grande metrópole nacional – São Paulo, o maior conjunto urbano do País, com 19,5 milhões de habitantes, em 2007, e alocado no primeiro nível da gestão territorial.
		B	Metrópole nacional – Rio de Janeiro e Brasília, com população de 11,8 e 3,2 milhões em 2007, respectivamente.
		C	Metrópole – Manaus, Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Curitiba, Goiânia e Porto Alegre, com população variando de 1,6 (Manaus) a 5,1 milhões (Belo Horizonte).
Capital Regional	Integram 70 centros que, como as metrópoles, também se relacionam com o estrato superior da rede urbana. Tem área de influência de âmbito regional, sendo referidas como destino, para um conjunto de atividades, por grande número de municípios.	A	Constituído por 11 cidades com medianas de 955 mil habitantes e 487 relacionamentos.
		B	Constituído por 20 cidades com medianas de 435 mil habitantes e 406 relacionamentos.
		C	Constituído por 39 cidades com medianas de 250 mil habitantes e 162 relacionamentos.
Centro Sub-Regional	Integram este nível 169 centros com atividades de gestão menos complexas. Têm área de atuação reduzida e seus relacionamentos com centros externos à sua própria rede se dão, em geral, com três metrópoles.	A	Constituído por 85 cidades com medianas de 95 mil habitantes e 112 relacionamentos.
		B	Constituído por 79 cidades com medianas de 71 mil habitantes e 71 relacionamentos.
Centro de Zona	Nível formado por 556 cidades de menor porte e com atuação à sua área imediata, exercendo funções de gestões elementares.	A	192 cidades, com medianas de 45 mil habitantes e 49 relacionamentos.
		B	364 cidades, com medianas de 23 mil habitantes e 16 relacionamentos.
Centro Local	As demais 4.473 cidades cuja centralidade e atuação não extrapolam os limites de seu município, servindo apenas aos seus habitantes. Têm população inferior a 10 mil habitantes (mediana de 8.133 habitantes).		

Fonte: IBGE, 2008.