



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL CATALÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



TAISON LUIZ DE PAULA BRAGHIROLI

**IMPLICAÇÕES NATURAIS E ANTRÓPICAS RESPONSÁVEIS PELO
DESENCADEAMENTO DE FEIÇÕES EROSIVAS NO PARQUE DO
GOIABAL EM ITUIUTABA (MG)**



**Catalão (GO)
2017**

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

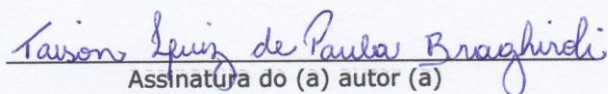
Nome completo do autor: Taison Luiz de Paula Braghiroli

Título do trabalho: Implicações naturais e antrópicas responsáveis pelo desencadeamento de feições erosivas no Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG)

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 03 / 02 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

TAISON LUIZ DE PAULA BRAGHIROLI

**IMPLICAÇÕES NATURAIS E ANTRÓPICAS RESPONSÁVEIS PELO
DESENCADEAMENTO DE FEIÇÕES EROSIVAS NO PARQUE DO
GOIABAL EM ITUIUTABA (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, como requisito para o Título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Ordenamento do Território

Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Rildo Aparecido Costa

**Catalão (GO)
2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Braghiroli, Taison Luiz de Paula
Implicações naturais e antrópicas responsáveis pelo desencadeamento de feições erosivas no Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG) [manuscrito] / Taison Luiz de Paula Braghiroli. - 2017. 169 f.: il.

Orientador: Prof. Rildo Aparecido Costa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Geografia, Catalão, Programa de Pós Graduação em Geografia, Catalão, 2017.
Bibliografia.

1. erosão. 2. erosão urbana. 3. solo. 4. Parque do Goiabal. 5. Ituiutaba (MG). I. Costa, Rildo Aparecido, orient. II. Título.

CDU 911



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL CATALÃO
UAE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
Av. Lamartine P. Avelar, 1.120. Setor Universitário - Catalão (GO) CEP - 75704 020
Fone/fax: (64) 3441-5331. E-mail: mestradogeografia@gmail.com

ATA DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE

Taison Luiz de Paula Braghiroli

Aos nove dias do mês de março do ano de dois mil e dezessete (09/03/2017), às 14h (quatorze horas), no Laboratório de Ensino – Bloco A, Regional Catalão/UFU, teve lugar a 117ª Sessão Pública de Julgamento da Dissertação de Mestrado de **Taison Luiz de Paula Braghiroli**, 388.536.628-24, intitulada “**IMPLICAÇÕES NATURAIS E ANTRÓPICAS RESPONSÁVEIS PELO DESENCADAMENTO DE FEIÇÕES EROSIVAS NO PARQUE DO GOIABAL EM ITUIUTABA-MG**”. A Banca Examinadora foi composta, conforme Portaria nº. 007/2017 do Programa de Pós-Graduação em Geografia-RC/UFU, pelos Professores Dr. Rildo Aparecido Costa (UFU - Orientador), Leda Correia Pedro Miyazaki (UFU - Membro Externo) CPF nº 286.158.358-45, João Donizete Lima (UFU – Membro Interno) CPF nº 546.857.296-68. Os examinadores arguíram na ordem citada, tendo o mestrando respondido satisfatoriamente. Às 16 horas e 30 minutos a Banca Examinadora passou ao julgamento, em Sessão Secreta, tendo a mestranda obtido os seguintes resultados:

Prof. Dr. Rildo Aparecido Costa – Ass. _____

Aprovado (X) Reprovado ()

Profa. Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki – Ass. _____

Aprovado (X) Reprovado ()

Prof. Dr. João Donizete Lima - Ass. _____

Aprovado (X) Reprovado ()

Obs.:

seguiu sugestões e recomendações feitas pela Banca

Presidente da Banca – Prof. Dr. Rildo Aparecido Costa - Ass. _____

Resultado final: APROVADO (X) REPROVADO ()

Reaberta a Sessão Pública, o Presidente da Banca Examinadora proclamou o resultado e encerrou a Sessão, da qual foi lavrada a presente Ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, Mestrando examinado e pela Secretária do Programa de Pós-Graduação em Geografia-RC/UFU.

Assinatura do Mestrando: Taison Luiz de Paula Braghiroli

Secretária do PPGGC-RC/UFU Priscila Querino de Lima

Obs: O(a) aluno(a) deverá encaminhar, no prazo de até 30 dias, a contar da data da Defesa Pública, os exemplares definitivos da Dissertação, para arquivamento e devidos encaminhamentos, conforme as normas definidas pelo PPGGC-RC/UFU.

*A minha mãe Maria pelo amor incondicional e pela luta diária,
dedico*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à mãe/avó Maria pela educação, amor e carinho demonstrado, ao pai/avô Luiz pelo apoio e confiança.

Ao pai e professor Rodrigo, por não medir esforços para me ajudar na execução da pesquisa de laboratório, buscando sempre me ensinar e encontrando meios para que eu pudesse fazer aquilo que propus realizar. Pela hospedagem quando estive em Rio Verde e pelas diversas outras ajudas para que eu pudesse estudar e terminar esse trabalho. Sem você eu não teria chegado até aqui.

Ao Laboratório de Física do Solo do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde e ao técnico, por me ensinar e disponibilizar o seu tempo e equipamento para que eu pudesse fazer essa etapa da minha pesquisa.

Ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Foliar do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde e a técnica Sônia, por me ajudar nas análises químicas das amostras, me ensinando e me ajudando a realizar os ensaios.

Ao laboratório PEDOGEO, especialmente ao Jonathan, que me ajudou a compreender e aplicar a metodologia para análise granulométrica além de sempre se dispor a participar e ajudar nas pesquisas de campo. Ao Silvânio pela hospedagem e pela parceria dentro e fora do laboratório. À Cecília e ao Danilo que também contribuíram para meu aprendizado dentro do PEDOGEO.

As minhas amigas Genilda, Martha, Renata e Amélia pela amizade e pela incrível recepção e hospedagem quando tive que estar em Ituiutaba (MG) para realizar etapas da pesquisa. Vocês fizeram muita falta nesses dois. Ao Fabiano, pelo companheirismo e pela amizade.

À turma da pós-graduação em Geografia da UFG/RC, especialmente a turma de 2015, pelos grandes momentos que passamos juntos.

À Priscila, secretária do Programa de Pós-Graduação, a ex-coordenadora Professora Carmem e a atual coordenadora, Professora Magda, pela disponibilidade e o prazer em ajudar.

À UFG/RC por me permitir cursar uma Pós-Graduação em uma instituição pública e de qualidade.

Ao orientador, Rildo Aparecido Costa, por ter aceitado e entrado nessa comigo, pela confiança, pela base, pelos ensinamentos, tornando possível a finalização desses trabalhos. Fiquei feliz com a orientação e com o crescimento pessoal e acadêmico que tive nesse tempo.

À banca examinadora composta pela professora Leda Correia Pedro Miyazaki e pelo professor João Donizete Lima, por terem aceitado o convite e terem me ajudado a finalizar esse trabalho com as sugestões expostas no exame de qualificação.

À Capes, pela concessão da bolsa, tornando possível a realização da pesquisa.

À todos que passaram na minha vida nesses dois anos de pós-graduação e deixaram marcas positivas.

Muito Obrigado!

RESUMO

O objetivo principal desse trabalho foi compreender como as feições erosivas se formaram no interior do Parque Municipal do Goiabal na cidade de Ituiutaba (MG). Esse Parque está localizado na porção sul da cidade e é a única Unidade de Conservação de Uso Sustentável do município. O Goiabal foi criado em 1977 mas só foi inaugurado em 1º de maio de 1986, com o objetivo de resguardar os atributos excepcionais da natureza da região, proteger integralmente a flora, a fauna e demais recursos naturais e ser utilizado para objetivos educacionais, científicos, recreativos e turísticos. A revisão bibliográfica buscou inserir a área de pesquisa em um contexto mais amplo da degradação do solo em áreas protegidas, principalmente devido às características dos solos e das ações antrópicas. Os dados de caracterização da área, coleta de amostras, registros fotográficos e dimensões da erosão foram obtidos por meio da pesquisa de campo. Já as características físicas e mecânicas do solo foram obtidas mediante análises de laboratórios de duas amostras retiradas em pontos diferentes da feição, com ensaios de granulometria, umidade, densidade das partículas, compactação, matéria orgânica e pH. Com relação às dimensões, a feição apresenta 171 metros de comprimento, profundidade entre 1 e 5,6 metros e largura entre 2,5 e 12,4 metros. Os problemas ambientais existentes no Parque estão diretamente relacionados ao uso que se faz do solo nas áreas adjacentes da UC. Isso acontece porque, apesar do Goiabal ter como função principal a preservação e a exploração turística e ambiental, ele apresenta várias situações conflitantes pois se localiza dentro da área urbana do município e sofre todas as pressões possíveis de uma área urbana. Um dos principais fatores responsáveis pela degradação do solo da área é a diminuição na infiltração das águas pluviais e o aumento da velocidade e volume do escoamento superficial, devido à impermeabilização do solo e um sistema de drenagem deficiente, aumentando o potencial erosivo da chuva. Os solos analisados apresentaram, em sua maioria, textura arenosa, compostos por argilominerais e pH ácido. A curva de compactação mostrou que o solo presente no primeiro degrau da erosão precisa de menos umidade para chegar ao ponto máximo de compactação do que o solo presente no segundo degrau. Assim, é necessário se pensar o problema da erosão urbana sob a ótica do mau planejamento na implantação de loteamentos e na destinação adequada das águas pluviais.

Palavras-chave: Erosão. Erosão Urbana. Solo. Parque do Goiabal. Ituiutaba (MG).

ABSTRACT

This work main objective was to understand how the erosive features were formed in the Municipal Park of Goiabal in the city of Ituiutaba (MG). This Park is located in the southern portion of the city and it is the only Sustainable Use Conservation Unit in the city. Goiabal was founded in 1977 but it was only inaugurated on May 1, 1986, in order to protect the exceptional attributes of the region's nature, to fully protect flora, fauna and other natural resources and to be used for educational, scientific, recreational and tourist purposes. The literature review sought to insert the research area in a broader context of soil degradation in protected areas, mainly due to soil characteristics and anthropic actions. The data of area characterization, sample collection, photographic records and erosion dimensions were obtained through fieldwork. The physical and mechanical characteristics of the soil were obtained through laboratory analysis of two samples taken at different points of the study, with grain size, humidity, particle density, compaction, organic matter and pH. Regarding the dimensions, the feature is 171 meters long, depth between 1 and 5.6 meters and width between 2.5 and 12.4 meters. The environmental problems in the Park are directly related to the use of the soil in the adjacent areas of the CU. This happens, although Goiabal's main function is to preserve and to explore tourism and environment, because it presents several conflicting situations as it is located within the urban area of the city and suffers all the possible pressures of an urban area. One of the main factors responsible for the soil degradation of the area is the decrease in rainwater infiltration and the increase of the velocity and volume of the surface runoff, due to soil sealing and a poor drainage system, increasing the erosive potential of rainfall. The analyzed soils presented, mostly, sandy texture, composed by clay minerals and acid pH. The compaction curve showed that the soil in the first erosion step requires less moisture to reach the maximum compaction point than the soil that is in the second step. Thus, it is necessary to think about the problem of urban erosion from the point of view of bad planning in the implementation of allotments and the appropriate disposal of rainwater.

Key words: Erosion. Urban Erosion. Soil. Goiabal Park. Ituiutaba (MG).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 -	Localização do Parque Municipal do Goiabal na cidade de Ituiutaba (MG).....	18
Figura 2 -	Etapas para elaboração do croqui.....	22
Figura 3 -	Etapas da Pesquisa de Campo.....	23
Figura 4 -	Preparação das amostras para a análise granulométrica.....	24
Figura 5 -	Adição do dispersante e agitação mecânica das amostras.....	25
Figura 6 -	Etapas para separação das areias.....	26
Figura 7 -	Etapas para separação da argila.....	27
Figura 8 -	Diagrama de classes texturais proposta pela USDA.....	28
Figura 9 -	Procedimentos para determinar a densidade de partículas do solo.....	29
Figura 10 -	Amostra sendo pesada antes da secagem em estufa.....	30
Figura 11 -	Equipamentos e etapas iniciais para o ensaio de compactação.....	31
Figura 12 -	Etapas do ensaio de compactação pelo cilindro de Proctor.....	32
Figura 13 -	Planilha utilizada para o cálculo do teor de umidade e massa específica seca.....	33
Figura 14 -	Etapas iniciais do ensaio de matéria orgânica do solo.....	34
Figura 15 -	Adição de soluções e titulação das amostras.....	35
Figura 16 -	Procedimentos para leitura do pH do solo em água.....	36
Figura 17 -	Taludes de estradas, expondo o perfil do solo.....	49
Figura 18 -	Esquema representativo dos pesos e volumes dos componentes do solo...	50
Figura 19 -	Empuxo da água.....	56
Figura 20 -	Granulação das partículas.....	59
Figura 21 -	Relação do coeficiente de viscosidade e temperatura.....	60
Figura 22 -	Estados e limites de consistência.....	61

Figura 23 -	Representação esquemática dos estados plástico, semissólido e sólido e as relações com as três fases componentes do solo.....	62
Figura 24 -	Geometria das formas das vertentes.....	74
Figura 25 -	Erosão por salpicamento ou splash.....	78
Figura 26 -	Erosão por escoamento laminar e escoamento concentrado, formando sulcos na superfície do terreno.....	80
Figura 27 -	Erosão em ravinas.....	81
Figura 28 -	Erosão em voçoroca localizada na área rural do município de Ituiutaba (MG).....	82
Figura 29 -	Estágio evolutivo das voçorocas.....	83
Figura 30 -	Evolução de uma voçoroca (a) sob o efeito da erosão interna e (b) sob o evento do escorregamento das bordas.....	83
Figura 31 -	Comparação entre as perdas por erosão em relação ao uso do solo.....	86
Figura 32 -	Relacionamento entre a superfície impermeável e o escoamento superficial.....	87
Figura 33 -	Praça Cônego Ângelo e a Igreja (1927 e 2015).....	95
Figura 34 -	Ituiutaba (MG): construção do edifício da Câmara Municipal, 1901.....	96
Figura 35 -	Localização do Parque do Goiabal no município de Ituiutaba (MG).....	99
Figura 36 -	Compartimentação Morfológica do relevo de Ituiutaba-MG.....	103
Figura 37 -	Materiais inconsolidados no município de Ituiutaba-MG.....	105
Figura 38 -	Pirâmide Vegetacional do Parque do Goiabal.....	110
Figura 39 -	Malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2007.....	114
Figura 40 -	Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2011.....	115
Figura 41 -	Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2013.....	116
Figura 42 -	Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2016.....	117
Figura 43 -	Rua sem asfalto no Bairro Tupã.....	119
Figura 44 -	Cabeceira da voçoroca presente entre os Bairros Nova Ituiutaba I e II terraplanada.....	120
Figura 45 -	Galerias de águas pluviais na cabeceira do Córrego Buritizal.....	121
Figura 46 -	Reportagens de jornal sobre a reabertura do Parque do Goiabal.....	122
Figura 47 -	Via de acesso ao Parque do Goiabal.....	123

Figura 48 -	Ação da enxurrada na pavimentação da via de acesso.....	124
Figura 49 -	Construções próximas ao limite do Parque do Goiabal.....	125
Figura 50 -	Sistemas artificiais de drenagem encontrados no interior do Parque do Goiabal.....	126
Figura 51 -	Sulcos erosivos nos caminhos/trilhas do Parque.....	127
Figura 52 -	Relação produção de sedimentos <i>versus</i> desenvolvimento urbano.....	128
Figura 53 -	Vegetações exóticas invasoras.....	129
Figura 54 -	Feições erosivas e relação perda do solo nas ravinas - Parque do Goiabal	130
Figura 55 -	Barramento para controle do processo erosivo.....	131
Figura 56 -	Localização aproximada da feição erosiva no interior do Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG).....	132
Figura 57 -	Profundidades e características da feição erosiva.....	133
Figura 58 -	Croqui da feição erosiva localizada no Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG).....	134
Figura 59 -	Pontos de coleta do solo para análise laboratorial.....	135
Figura 60 -	<i>Pipings</i> no talude da feição erosiva.....	141
Figura 61 -	Sistema de barramento aplicado no interior do Parque do Goiabal.....	151
Figura 62 -	Dispositivos de infiltração da água.....	152
Figura 63 -	Tipos de reservatórios que podem ser instalados na fonte.....	153
Figura 64 -	Telhados reservatórios.....	154

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 -	Atividades desenvolvidas na pesquisa.....	21
Fluxograma 2 -	Procedimentos para criação de Unidades de Conservação.....	45
Fluxograma 3-	Fatores e causas do processos erosivos.....	71

GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Curva granulométrica.....	58
Gráfico 2 -	Curva de compactação do solo.....	64
Gráfico 3 -	PIB do município de Ituiutaba- MG em 2013.....	98
Gráfico 4 -	Total pluviométrico do município de Ituiutaba (1984-2014).....	107
Gráfico 5 -	Granulometria: Ponto 1 - 20 cm.....	136
Gráfico 6 -	Granulometria: Ponto 1 - 40 cm.....	136
Gráfico 7 -	Granulometria: Ponto 1 - 80 cm.....	137
Gráfico 8 -	Granulometria: Ponto 2 - 20 cm.....	137
Gráfico 9 -	Granulometria: Ponto 2 - 40 cm.....	138
Gráfico 10 -	Granulometria: Ponto 2 - 80 cm.....	138
Gráfico 11 -	Granulometria: Ponto 3 - 20 cm.....	139
Gráfico 12 -	Granulometria: Ponto 3 - 40 cm.....	139
Gráfico 13 -	Granulometria: Ponto 3 - 80 cm.....	140
Gráfico 14 -	Curva de compactação e saturação - Ponto 1.....	145
Gráfico 15 -	Curva de compactação e saturação - Ponto 2.....	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Evolução populacional (Ituiutaba - MG).....	97
Tabela 2 -	Densidade de partículas dos pontos analisados.....	142
Tabela 3 -	Umidade gravimétrica dos pontos analisados.....	143
Tabela 4 -	Dados do ensaio de compactação - Ponto 1.....	144
Tabela 5 -	Dados do ensaio de compactação - Ponto 2.....	145
Tabela 6 -	Matéria orgânica presente nos solos analisados.....	148
Tabela 7 -	Potencial hidrogeniônico (pH) dos solos analisados.....	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Tempo de sedimentação da fração argila.....	27
Quadro 2 -	Classificação do índice de vazios nos solos.....	52
Quadro 3 -	Classificação da porosidade nos solos.....	53
Quadro 4 -	Classificação do grau de saturação.....	54
Quadro 5 -	Número e abertura das malhas das peneiras segundo normas da A.S.T.M.	57
Quadro 6 -	Permeabilidade e características de drenagem de solos.....	60
Quadro 7 -	Classes de estruturas do solo.....	66
Quadro 8 -	Classes de permeabilidade.....	67
Quadro 9 -	Classes de interpretação do valores de K.....	67
Quadro 10 -	Classes de declividade.....	73
Quadro 11 -	Velocidade terminal de gotas de chuva de vários diâmetros.....	78
Quadro 12 -	Impactos causados pela ação antrópica.....	89
Quadro 13 -	Fitogeografia do Parque do Goiabal.....	109
Quadro 14 -	Densidade de partículas de diferentes minerais.....	142

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	5
Resumo.....	7
Abstract.....	8
Lista de Ilustrações.....	9
Lista de Tabelas.....	13
Lista de Quadros.....	14
INTRODUÇÃO.....	17
OBJETIVOS.....	20
Objetivo Geral.....	20
Objetivos Específicos.....	20
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
CAPÍTULO 01. REVISÃO DA LITERATURA.....	37
1.1. Unidades de Conservação.....	38
1.2. O Solo e suas propriedades mecânicas.....	46
1.3. Processos e feições erosivas.....	68
1.4. Ação antrópica e processo erosivo acelerado.....	85
CAPÍTULO 02. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	93
2.1. Localização e Caracterização Geográfica.....	94
2.2. Meio Físico.....	100
2.2.1. Aspectos Geológicos.....	100
2.2.2. Aspectos Geomorfológicos.....	101
2.2.3. Aspectos Pedológicos.....	104
2.2.4. Aspectos Climáticos.....	106
2.2.5. Aspectos Vegetacionais.....	108
CAPÍTULO 03. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	112
3.1. Análise da expansão da malha urbana na porção Sul da cidade de Ituiutaba (MG).....	113
3.2. Situação Atual da Área Pesquisada.....	121
3.3. Localização e caracterização da feição erosiva.....	131
3.4. Características físicas e químicas do solo.....	135
3.4.1. Análise granulométrica do solo.....	136
3.4.2. Análise da densidade de partículas	141
3.4.3. Análise da umidade gravimétrica.....	143
3.4.4. Análise do ensaio de compactação.....	144
3.4.5. Análise da matéria orgânica.....	148
3.4.6. Análise do pH das amostras.....	149

3.5. Propostas de recuperação.....	150
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	156
REFERÊNCIAS.....	160

INTRODUÇÃO

Uma das grandes mudanças ocorridas no meio ambiente urbano deste século foi o acelerado crescimento das cidades. Esse crescimento desordenado traz sérios problemas para o espaço urbano, principalmente, no que se refere aos impactos ambientais causados pela urbanização como os loteamentos, impermeabilização, etc. Com o aumento do grau de urbanização, aumenta também em proporção à degradação ambiental decorrente da concentração da população nas áreas urbanas.

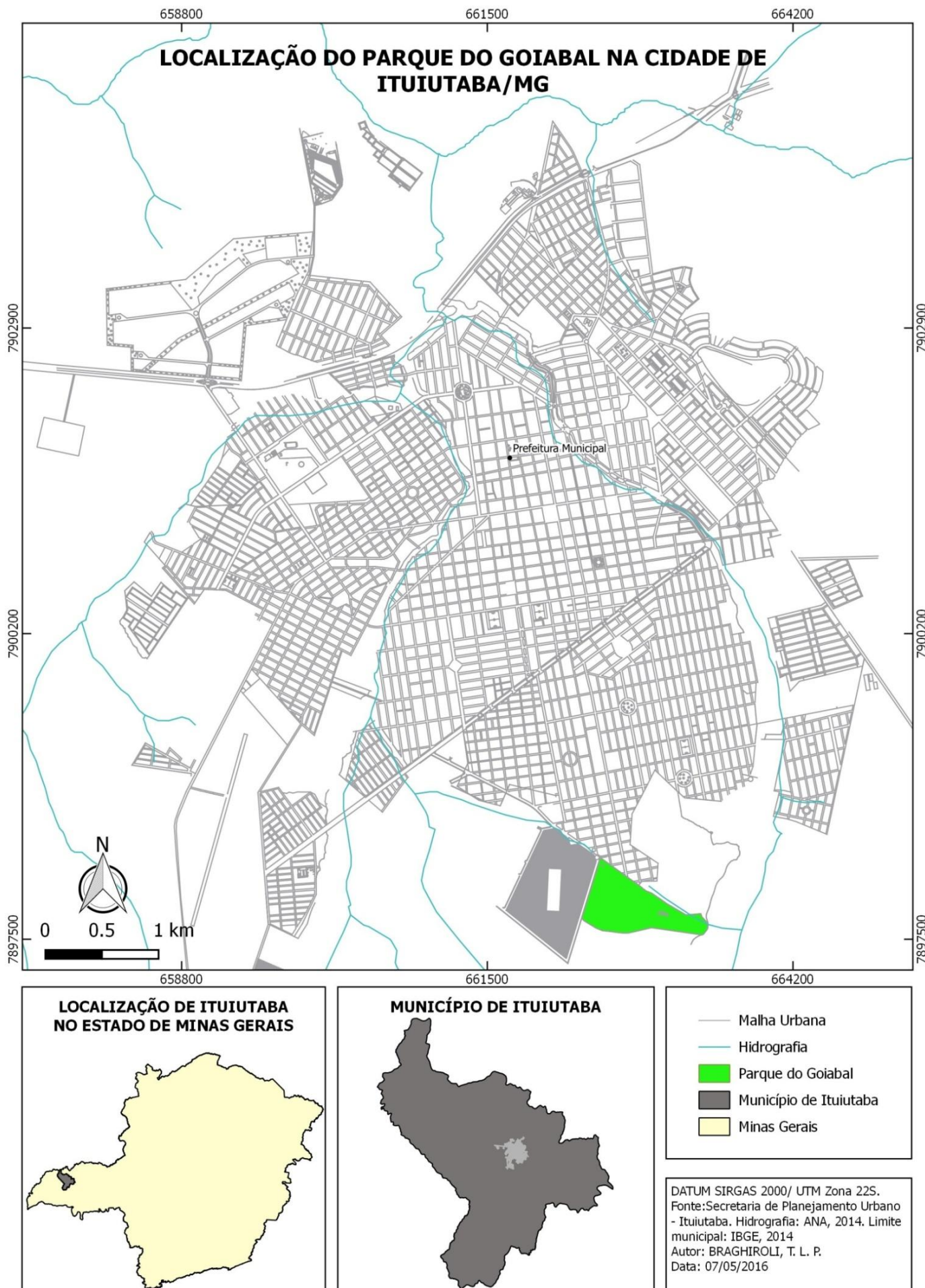
A segunda metade do século XX foi palco de várias decisões políticas e econômicas que concorrem para uma grande expansão do sítio urbano. Como resultado dessa expansão, processos geomorfológicos são alterados, e, em consequência, cheias, ravinas, voçorocas e desabamentos passam a constituir problemas afetando toda a comunidade. Além das perdas referentes à devastação da vegetação natural gerando desconforto térmico e desarmonia paisagística, temos ainda a fuga da fauna local, e a interferência na dinâmica das bacias hidrográficas urbanas tendo como principal consequência o desenvolvimento da erosão hídrica como ravinas, voçorocas e erosão marginal.

O Parque Municipal do Goiabal em Ituiutaba (MG) (Figura 1) é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável caracterizado como um remanescente de Cerradão. O Parque apresenta estratos vegetacionais que variam de arbóreos até herbáceos além da serrapilheira, que auxilia na fertilidade e no processo biogeoquímico do solo. A expansão urbana do município, principalmente na porção sul devido a instalação do Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, a construção de loteamentos e a visitação tem causado sérios danos ambientais ao Parque.

A expansão urbana causa mudanças na dinâmica de infiltração da água no solo devido a impermeabilização do mesmo na construção de vias e loteamentos e por isso, torna-se necessário um planejamento eficiente de drenagem urbana das águas pluviais. A falta desse planejamento pode resultar, entre outros problemas, na aceleração de processos erosivos.

O interesse pela discussão da temática surgiu com os trabalhos de campo realizados no Parque Municipal do Goiabal com o intuito de entender a biogeografia da área. Nessas visitas foi possível observar que o Parque apresentava alto índice de degradação ambiental devido a visitação e a utilização do espaço para lazer. Outro elemento que deve ser levado em consideração é o fato da expansão urbana no sentido do Parque estar causando uma pressão nessa Unidade de Conservação.

Figura 1: Localização do Parque Municipal do Goiabal na cidade de Ituiutaba (MG)



A influência antrópica nas áreas entorno do Parque do Goiabal com a construção de loteamentos e a impermeabilização do solo pelo asfaltamento das vias tem causado mudanças na dinâmica de infiltração da água e da drenagem urbana, afetando diretamente a área do Parque. O Parque do Goiabal é a única Unidade de Conservação de Uso Sustentável do município de Ituiutaba (MG) e por isso é necessário que se tenha mais estudos da paisagem para que se amplie o conhecimento da área e possa se realizar um planejamento e uma gestão eficientes na preservação do Parque.

Com isso, identificar os elementos naturais e antrópicos que estão diretamente ligados a formação de feições erosivas no Goiabal torna-se importante na análise da dinâmica da paisagem da área, visto que esta paisagem tem sido intensamente alterada nos últimos anos. E para chegar a resultados satisfatórios, buscou-se nessa pesquisa, responder aos seguintes questionamentos:

- Quais os principais trabalhos e autores que pesquisam os processos e feições erosivas?
- Quais as características físicas e químicas dos solos existentes no interior do Parque do Goiabal e como essas características estão relacionadas a aceleração dos processos erosivos?
- Como a expansão urbana pode contribuir para a degradação da área do Parque do Goiabal?
- Quais técnicas podem ser aplicadas no Parque para estabilizar as feições existentes e evitar o aparecimento de novas feições?

Assim, o objetivo geral desse trabalho foi compreender como as feições erosivas se formaram no interior do Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG), visto que, compreender como acontecem os processos erosivos e quais elementos estão associados a aceleração dos mesmos no interior do Parque é essencial para se propor metodologias que auxiliem na diminuição desses processos e na consequente conservação da área.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Compreender como as feições erosivas se formaram no interior do Parque Municipal do Goiabal na cidade de Ituiutaba-MG.

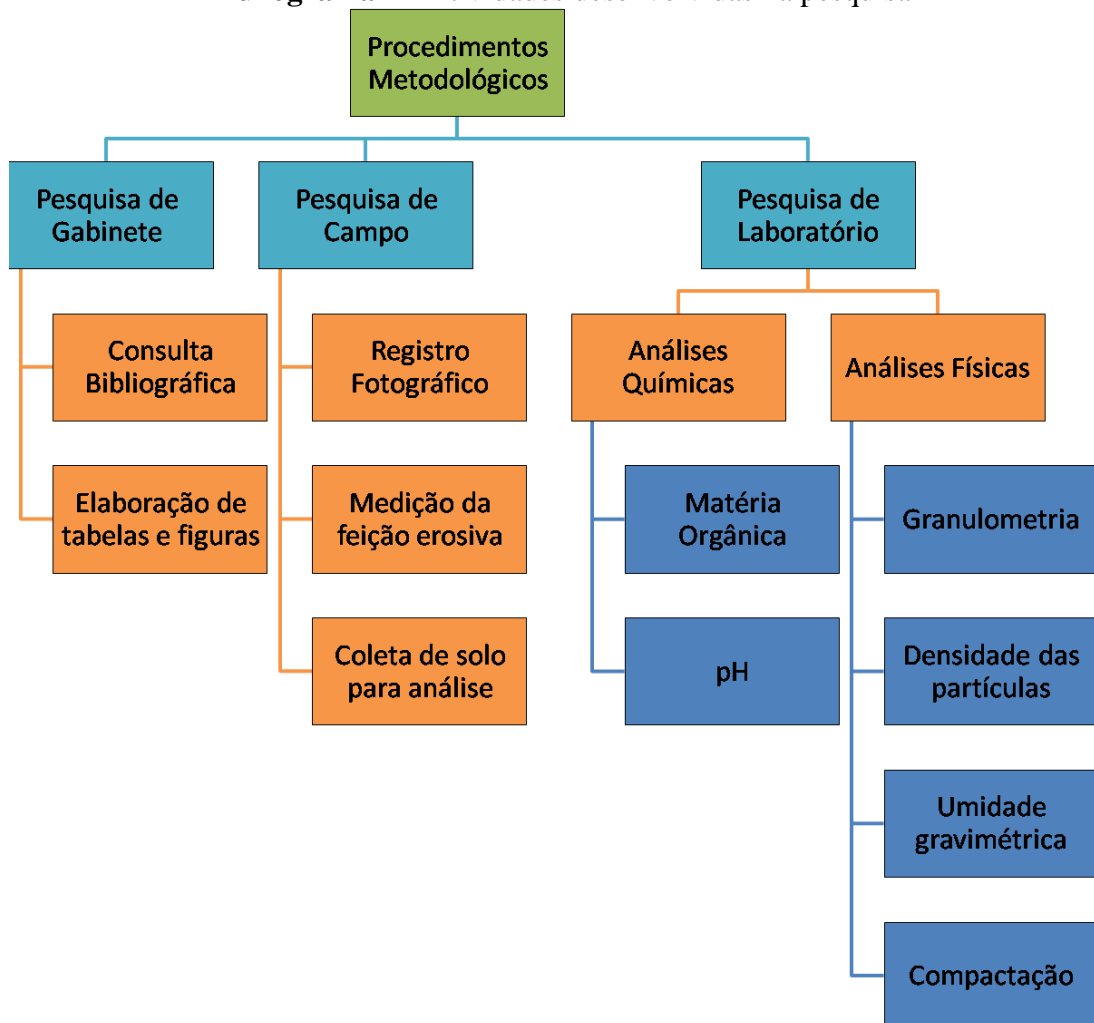
Objetivos Específicos

- a) Compreender o papel dos elementos naturais e das ações antrópicas na formação de feições erosivas, principalmente as de grande porte;
- b) Avaliar os parâmetros físico dos solos mediante estudos de campo e análises laboratoriais de mecânica dos solos;
- c) Propor ações para diminuir e/ou recuperar as erosões existentes no interior do Parque.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho envolveu basicamente três etapas de atividades, sendo a pesquisa de gabinete, a pesquisa de campo e a pesquisa de laboratório. O Fluxograma 1 apresenta as atividades desenvolvidas em cada uma dessas etapas.

Fluxograma 1 - Atividades desenvolvidas na pesquisa



Elaborado por Taison L. de P. Braghioli

Pesquisa de gabinete

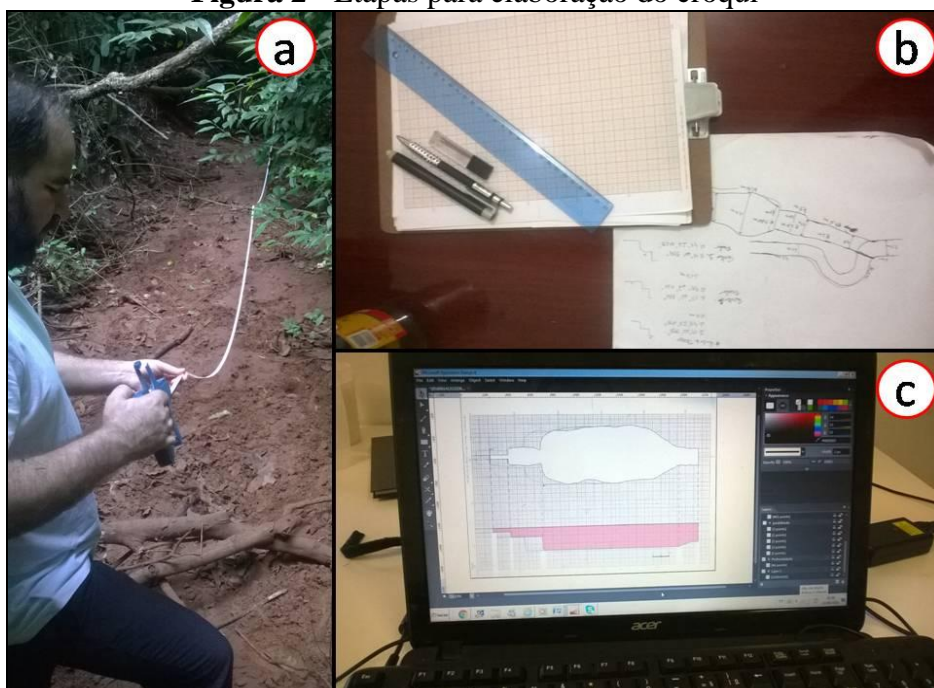
Nessa etapa da pesquisa foi feito o levantamento bibliográfico, que segundo Luna (2005), tem por objetivo a delimitação de um dado problema de pesquisa, além de mostrar a opção teórica seguida pelo pesquisador na busca de compreender o mundo, a realidade. Dominar o conteúdo teórico e conceitual do que se está pesquisando é essencial, visto que é

através dessas informações que se conhece o que já foi produzido sobre o tema pesquisado e isso é feito por meio de um levantamento bibliográfico rigoroso.

Nesse sentido, foi feita a revisão bibliográfica sobre estudos prévios desenvolvidos na área, como o de Costa (2011) e Costa e Martins (2011), além de outras bibliografias sobre Unidades de Conservação (VALLEJO, 2009; MILLER, 1997; BENJAMIN, 2000; CAMPOS, 2004 e ANTUNES, 1996); o solo e suas propriedades físicas e mecânicas (ALMEIDA, 2005; FIORI E CARMIGNANI, 2009; PINTO, 2006; CRAIG, 2013; NUNES, 1956; CAPUTO, 1983; DAS, 2011; LEPSCH, 2010 E BUENO e VILAR, 1980); processos e feições erosivas (SUGUIU, 1998; FERREIRA, 2004; BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999; BACELLAR, 2000; FERES, 2002; SILVA, 2007; ROSS, 2000; GUERRA E CUNHA, 1996; NISHIYAMA, 1998 e MAFRA, 2012) e ação antrópica e processo erosivo acelerado (CASSETI, 1991; OLIVEIRA, 2012; BRITO, 2012 e TUCCI, 1997).

Nessa etapa também foram elaborados a figura de localização do Parque do Goiabal e o croqui da feição erosiva estudada. O croqui foi elaborado por meio de medições da feição em campo com uma trena de 50 metros (comprimento, largura e profundidade) (Figura, 2a). Após as medições, os dados foram transpostos para um papel milimetrado, sendo cada centímetro no papel correspondente a 2 metros da feição (Figura, 2b). Após essa etapa, o esboço foi digitalizado e finalizado na versão livre do software Microsoft Expression Desing 4 (Figura, 2c).

Figura 2 - Etapas para elaboração do croqui



Fotos: do autor, trabalho de campo e gabinete, junho de 2016.

Na etapa de gabinete também foram elaborados as tabelas e os gráficos dos resultados das análises laboratoriais com auxílio do software Microsoft Office Excel 2007 e o Microsoft Office Word 2007. As figuras utilizadas para análise da expansão urbana na porção Sul da cidade de Ituiutaba (MG) foram elaboradas no software de geoprocessamento QGIS 2.8.5 e imagens do Google Earth e bases disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Secretaria de Planejamento Urbano do município de Ituiutaba (MG).

Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo foi realizada com o objetivo de entender a dinâmica do Parque Municipal do Goiabal e seu entorno no sentido de compreender como ocorre o escoamento superficial das águas pluviais e as características do solo na área.

Nessa etapa da pesquisa foram feitos registros fotográficos (Figura, 3a) da área de estudo, medição da feição erosiva (Figura, 3b) e retirada de amostras de solo para análise física e química. Essas amostras foram retiradas em três pontos diferentes, levando em consideração a mudança das dimensões da erosão e em três profundidades (20, 40 e 80 cm). A coleta foi feita por tradagem, o que resultou em amostras deformadas, visto que a estrutura e a porosidade foram destruídas no giro do trado na coleta dos solos em profundidade (Figura, 3c).

Figura 3 - Etapas da Pesquisa de Campo



Fotos: do autor, trabalho de campo, junho de 2016.

Foram retirados, aproximadamente, 500 gramas de solo em cada profundidade para a análise granulométrica e 10 kg de solo na profundidade 0-20 cm em dois pontos para as outras análises de laboratório.

Pesquisa de Laboratório

Na pesquisa de laboratório foram feitas análises para identificação das propriedades químicas, físicas e mecânica dos solos existentes na feição erosiva estudada. As análises foram as seguintes:

a) Análise granulométrica (Dispersão total), segundo EMBRAPA (1997):

No laboratório de solo da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão (UFG/RC) foram feitas as análises granulométricas das amostras, seguindo os seguintes passos:

Inicialmente, as amostras foram secas naturalmente por, aproximadamente, 48 horas sob jornais identificados e depois desse período as mesmas foram destorroadas com o auxílio do almofariz e pistilo. Após essa etapa, as amostras foram passadas por uma peneira de 2 mm com o objetivo de separar os materiais grosseiros porque, para essa análise serão separados apenas os grãos do solo menores ou iguais a 2 mm (Figura 4), sendo então classificadas como TFSA (terra fina seca ao ar).

Figura 4 - Preparação das amostras para a análise granulométrica



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Logo em seguida foram separados 20 g do material destorroado, pesados em balança analítica e colocados dentro de um copo plástico descartável identificado com o ponto e a respectiva profundidade do material. Importante destacar que todas as análises foram feitas em réplica para melhor precisão dos resultados. Com os exatos 20 g de material, foram adicionados 100 ml de água destilada e 10 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 4%, com auxílio de uma pipeta volumétrica de 10 ml.

Os copos com a solução foram agitados com um bastão por aproximadamente 30 segundos e deixados em repouso durante uma noite, cobertos com vidros de relógio. Após esse período as soluções foram transferidas, uma a uma, para o copo metálico do agitador elétrico "stirrer" com o auxílio de uma pisseta e levados para agitação mecânica por 5 minutos, exceto o solo retirado na profundidade de 80 cm do ponto 3, que foi agitado por 15 minutos devido a maior quantidade de partículas pequenas (Figura 5).

Figura 5 - Adição do dispersante e agitação mecânica das amostras



Elaborado por Taison L. de P. Braghioli

Após a agitação, a solução passou por uma peneira com abertura de 0,053 mm e com a ajuda de um funil, essa solução foi "lavada" com 1 litro de água e o material passante foi para uma proveta de 1000 ml. Esse processo permite separar a areia (que fica na peneira) do silte e da argila (que passam).

A areia foi transferida para uma placa de Petri devidamente identificada, limpa, seca (uma hora na estufa à 105°C e 30 minutos no dessecador) e pesada (peso inicial). Após a areia

ser transferida e retirar o excesso de água, a placa de Petri volta para a estufa aos mesmos 105°C para secagem (de 3 a 5 horas) e, posteriormente, para o dessecador mais 30 minutos. Pesou-se a placa já seca com a areia para obtenção do peso final (areia grossa + areia fina). Essa fração areia foi transferida para a peneira de malha 0,2 mm, para separação da areia grossa da areia fina e as partes foram pesadas em um recipiente com peso inicial conhecido (Figura 6).

Figura 6 - Etapas para separação das areias



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

As suspensões de silte e argila que passaram para a proveta foram agitadas por 30 segundos com um bastão. Nessa etapa foi preparado a prova em branco que consistiu em colocar o dispersante utilizado (10 ml) em uma proveta de 1000 ml e completar com água. Essa solução também foi agitada por 30 segundos. Logo após foi medido a temperatura da prova em branco e das amostras e verificou, conforme o Quadro 1, o tempo de sedimentação da fração argila para 5 cm de profundidade.

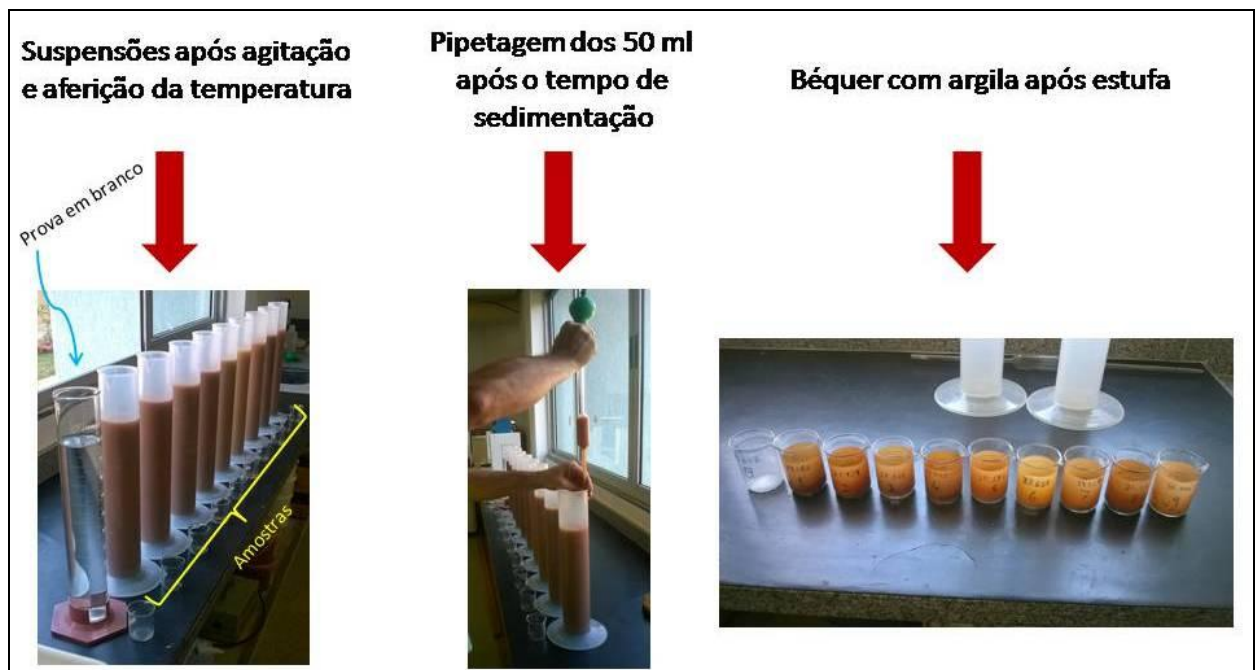
Calculado o tempo, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, pipetou-se 50 ml da suspensão a 5 cm da superfície. Importante destacar que a pipetagem deve seguir a mesma ordem de agitação com o mesmo intervalo entre uma proveta e outra.

Quadro 1 - Tempo de sedimentação da fração argila

Temperatura (°C)	Tempo	Temperatura (°C)	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4 h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'

Fonte: EMBRAPA (1997)

Os 50 ml de suspensão pipetados foram transferidos para um béquer de 50 ml devidamente identificado, limpo, seco (seguindo o mesmo procedimento da placa de Petri) e com peso inicial conhecido. O béquer foi levado a estufa por 24 horas a 105°C, depois por 30 minutos no dessecador e pesado novamente (peso final). O mesmo procedimento foi feito para a prova em branco, concluindo, assim, a determinação da argila e do resíduo da prova em branco (Figura 7).

Figura 7 - Etapas para separação da argila

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Após essas etapas foi possível calcular os valores das frações de acordo com as seguintes expressões:

$$\text{teor de argila} = [\text{argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000$$

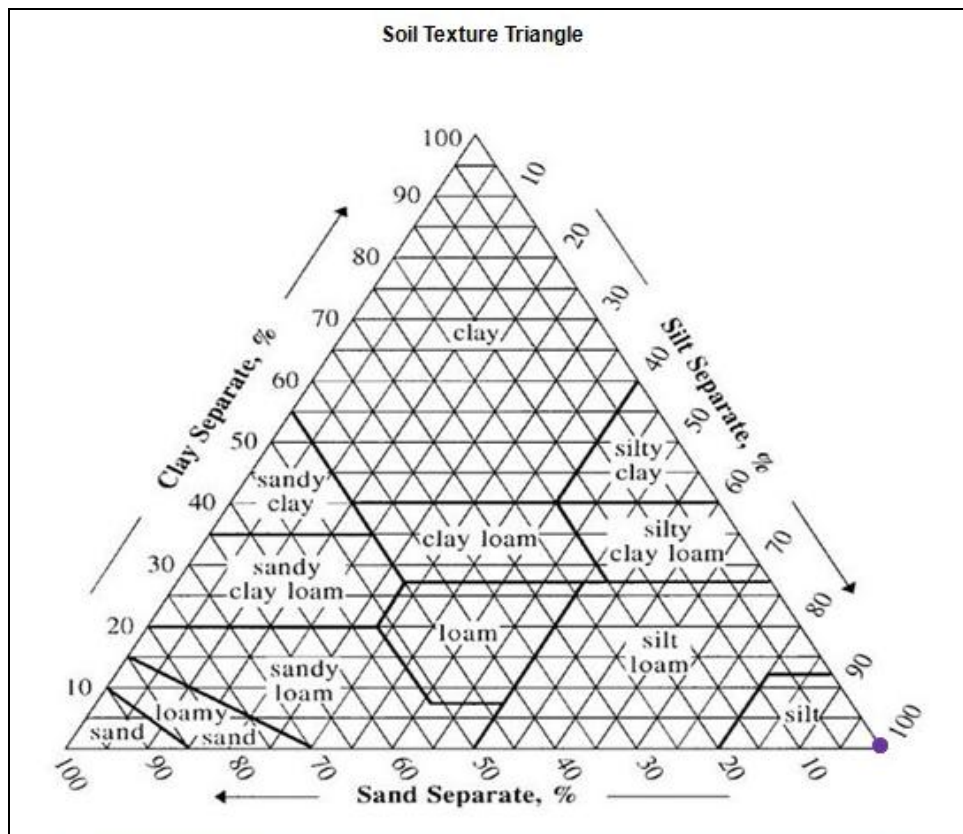
$$\text{teor de areia fina} = \text{areia fina (g)} \times 50$$

$$\text{teor de areia grossa} = [\text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] - \text{areia fina} \times 50$$

$$\text{teor de silte} = 1000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}]$$

Após a determinação das frações de areia, silte e argila, os dados foram transpostos para o Diagrama de classes texturais proposto pela USDA (United States Department of Agriculture) (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama de classes texturais proposta pela USDA



Fonte: Site da USDA. Acesso em 13 jan. 2016

O Triângulo Textural, como o próprio nome já diz, é utilizado para classificar a textura de uma determinada amostra de solo a partir das porcentagens de argila, silte e areia. Esse diagrama apresenta 12 texturas diferentes, desde muito argiloso, até muito arenoso e muito siltoso, passando pelas demais possibilidades de textura.

b) Densidade de partículas, segundo EMBRAPA (1997):

No laboratório de Química do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde foi realizado o ensaio de densidade de partículas das amostras de solo. A princípio o solo foi seco em estufa por, aproximadamente, 12 horas a 105°C e depois dessecado.

Pesou-se 20 g de material e transferiu-se para um balão volumétrico aferido de 50 ml. Foram utilizadas duas provetas de 25 ml cada com álcool etílico para determinação do volume do solo para o cálculo da densidade de partículas. Sendo assim, foram adicionados no balão uma proveta 25 ml de álcool etílico, agitando bem o recipiente para eliminar as bolhas de ar que se formam.

O balão foi deixado de repouso por 15 minutos e depois, vagarosamente, prosseguiu-se com a operação de completar o balão com o álcool etílico da segunda proveta até a marca de 50 ml. Com isso foi possível medir e anotar o volume de álcool gasto (Figura 9).

Figura 9 - Procedimentos para determinar a densidade de partículas do solo



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A partir dos dados obtidos, é possível calcular a densidade de partículas pela seguinte expressão:

$$\text{Densidade de partículas (g/cm}^3\text{)} = a / 50 - b$$

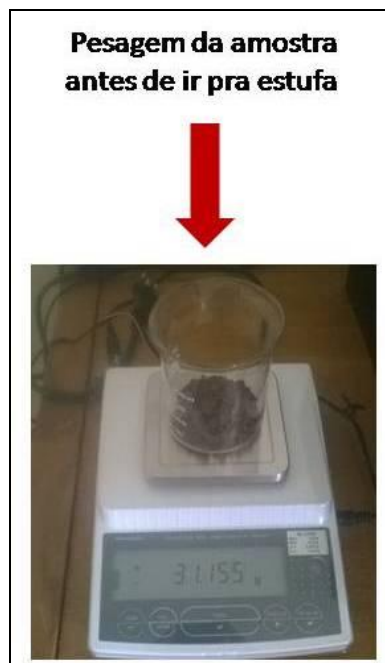
Sendo (a) o peso da amostra seca a 105°C e (b) o volume de álcool gasto.

c) Teor de Umidade ou Umidade gravimétrica, segundo EMBRAPA (1997):

No laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde foi realizado a análise de umidade gravimétrica. Inicialmente o solo foi coletado em campo em um saco impermeável e bem vedado. No laboratório, a amostra (nesse caso com estrutura deformada) foi colocada em um béquer limpo, seco e com peso conhecido. O conjunto béquer mais amostra foi pesado e levado para a estufa em uma temperatura de 105°C durante 24 horas (Figura 10).

Após o tempo, o béquer foi retirado da estufa, deixado do dessecador até esfriar e pesado novamente.

Figura 10 - Amostra sendo pesada antes da secagem em estufa



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

O cálculo para determinar o teor de umidade ou umidade gravimétrica em porcentagem é:

$$\text{Umidade Gravimétrica} = 100 (a - b) / b$$

Sendo (a) o peso em gramas da amostra úmida e (b) o peso em gramas da amostra seca.

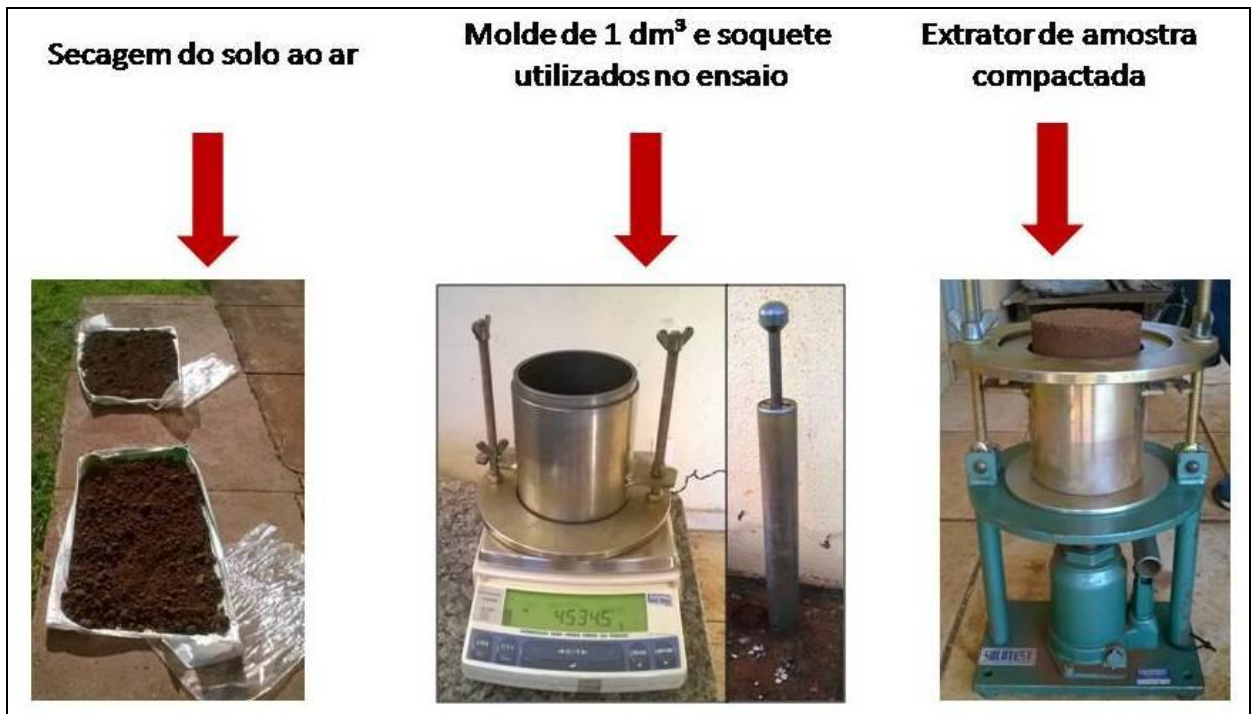
d) Ensaio de compactação com cilindro de Proctor, segundo a NBR (Norma Brasileira Registrada) 7182/86:

Para a execução do ensaio de compactação pelo cilindro de Proctor foram necessários, aproximadamente, 5 kg de amostra secas ao ar e passadas na peneira de 4,76 mm, o molde

cilíndrico de volume igual a 1 dm³ ou 1 litro, o soquete de compactação e o extrator de amostras. Além desse material foram utilizadas duas balanças (sendo uma capaz de pesar até 10 kg e outra digital com duas casas decimais), faca, placas de petri, pulverizador de água, bandeja e estufa.

Inicialmente, o solo solto (seco ao ar) foi colocado no molde (de massa inicial conhecida) de modo que, após a compactação, tivesse uma altura de cerca de 1/3 do cilindro. Foram aplicados 25 golpes com o soquete em toda a área do solo dentro do cilindro. Esse procedimento foi realizado mais duas vezes, de modo a preencher todo o cilindro (Figura 11).

Figura 11 - Equipamentos e etapas iniciais para o ensaio de compactação



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Depois da compactação, o colar do cilindro foi retirado cuidadosamente e retirado o excesso de solo de tal maneira que o volume do solo fosse igual ao volume do molde. Após, foi determinada a massa do solo mais o cilindro. O molde foi colocado no extrator de amostra e retirou-se o solo. Para determinar o conteúdo de água no solo compactado, foi retirada uma amostra do interior do corpo de prova e colocada em uma placa de petri com massa inicial conhecida e pesou o conjunto placa mais amostra.

O restante do solo foi devolvido para a bandeja e destorroado. Pulverizou-se uma pequena quantidade de água ao solo e homogeneizou-o, repetindo o ensaio. No caso dessa

análise, cada amostra foi umidificada e ensaiada seis vezes, ficando 3 vezes abaixo da umidade ótima, 1 vez próxima e 2 vezes acima dessa umidade (Figura 12).

Figura 12 - Etapas do ensaio de compactação pelo cilindro de Proctor



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Com os resultados obtidos nesse ensaio foi possível, por meio de cálculos, obter o valor da massa específica aparente seca para a elaboração da curva de compactação desses solos. Foi utilizada a expressão:

$$\gamma_s = \frac{P_h \times 100}{V (100 + h)}$$

Em que,

γ_s - massa específica aparente seca, em g/cm³;

P_h - peso úmido do solo compactado, em g;

V- volume do molde cilíndrico, em cm³; e

h - teor de umidade do solo compactado, em %.

Foi determinada também a curva de saturação dos solos, ou seja, a relação entre a massa específica aparente seca e o teor de umidade para o grau de saturação do solo igual a 100%. Para isso utilizou-se a seguinte expressão:

$$\gamma_s = \frac{S}{\frac{h}{\delta_a} + \frac{S}{\delta}}$$

Em que,

γ_s - massa específica aparente seca, em g/cm³;

S- grau de saturação, igual a 100%;

h- teor de umidade, arbitrado na faixa de interesse, em %;

δ - massa específica dos grãos do solo; e

δ_a - massa específica da água, em g/cm³ (considerado igual a 1 g/cm³).

Todos esses cálculos foram feitos com o auxílio do Microsoft Office Excel, em que foram calculados o teor de umidade, a massa específica aparente seca e massa específica aparente seca para a saturação igual a 100% (Figura 13).

Figura 13 - Planilha utilizada para o cálculo do teor de umidade e massa específica seca

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
Ensaio de Compactação																					
Densidade dos grãos:				2,82																	
																		GRÁFICO			
																		UMID	PES. ESP.	S= 100%	
Det do teor de umidade				Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3			Ponto 4			Ponto 5			Ponto 6		
Massa úmida				41,99			51,09			63,23			66,25			68,15			98,5		
Massa seca				41,99			49,52			59,23			60,66			59,38			83,82		
Massa capsula				13,13			14,39			12,85			14,04			12,64			13,91		
Teor de umidade				0,00%			4,47%			8,62%			11,99%			18,76%			21,00%		
																		11,99%	1,87	2,11	
																		18,76%	1,69	1,84	
																		21,00%	1,64	1,77	
																		23%		1,71	
Det da Massa espec. seca				Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3			Ponto 4			Ponto 5			Ponto 6		
Massa do solo úmido com cilindro				6123,9			6192,4			6451,2			6631,7			6542,6			6513,9		
Massa do cilindro				4534,6			4534,6			4534,6			4534,6			4534,6			4534,6		
Volume do cilindro				1000			1000			1000			1000			1000			1000		
Massa do solo seco				1589,30			1586,88			1764,43			1872,57			1690,76			1635,81		
Massa espec. seca				1,59			1,59			1,76			1,87			1,69			1,64		

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Com esses dados já no software foi possível criar a curva de compactação e de saturação dos solos analisados.

e) Matéria Orgânica, segundo Embrapa (2009):

A determinação de matéria orgânica das amostras foi realizada no Laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde sob o método volumétrico pelo bicromato de potássio. Inicialmente foi pesada 0,5 g de TFSA triturada e colocada em

um erlenmeyer de 250 ml. Junto com a amostra foi colocada 10 ml da solução de bicromato de potássio 0,0667 M com o auxílio de uma pipeta. O erlenmeyer foi tampado com um vidro de relógio e aquecido até a fervura branda do conjunto durante cinco minutos (Figura 14).

Figura 14 - Etapas iniciais do ensaio de matéria orgânica do solo



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Após a fervura, o erlenmeyer com a amostra de solo e a solução de bicromato de potássio foi deixado de repouso até esfriar. Já em temperatura ambiente, foram adicionados 80 ml de água destilada (medida em proveta), 1 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador difenilamina a 10g/l. Depois essa amostra foi titulada com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,102 M. A titulação é feita colocando lentamente a solução de sulfato ferroso na amostra até ocorrer a viragem, isto é, até a cor azul desaparecer, dando lugar à verde. Anotou-se a quantidade de milímetros gastos na titulação para efetuar o cálculo de matéria orgânica no solo (Figura 15).

Para determinar a quantidade de gramas de matéria orgânica por quilo é necessário, primeiramente, calcular a concentração (em g/kg) de carbono orgânico existente na amostra. Para isso, utiliza-se a seguinte expressão:

$$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,06 \times V [40 - V_a \times (40 - V_b)] \times f$$

Sendo V a quantidade de bicromato de potássio utilizado; V_a a quantidade de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra; V_b a quantidade de sulfato ferrosos

amoniacal gasto na titulação da prova em branco; 0,06 o fator de correção das alíquotas tomadas e f o fator de correção para TFSE (terra fina seca em estufa).

Figura 15 - Adição de soluções e titulação das amostras



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Após isso, calculou-se a quantidade de matéria orgânica existente na amostra pela seguinte expressão:

$$\text{g de matéria orgânica/kg} = \text{g de carbono / kg} \times 1,724$$

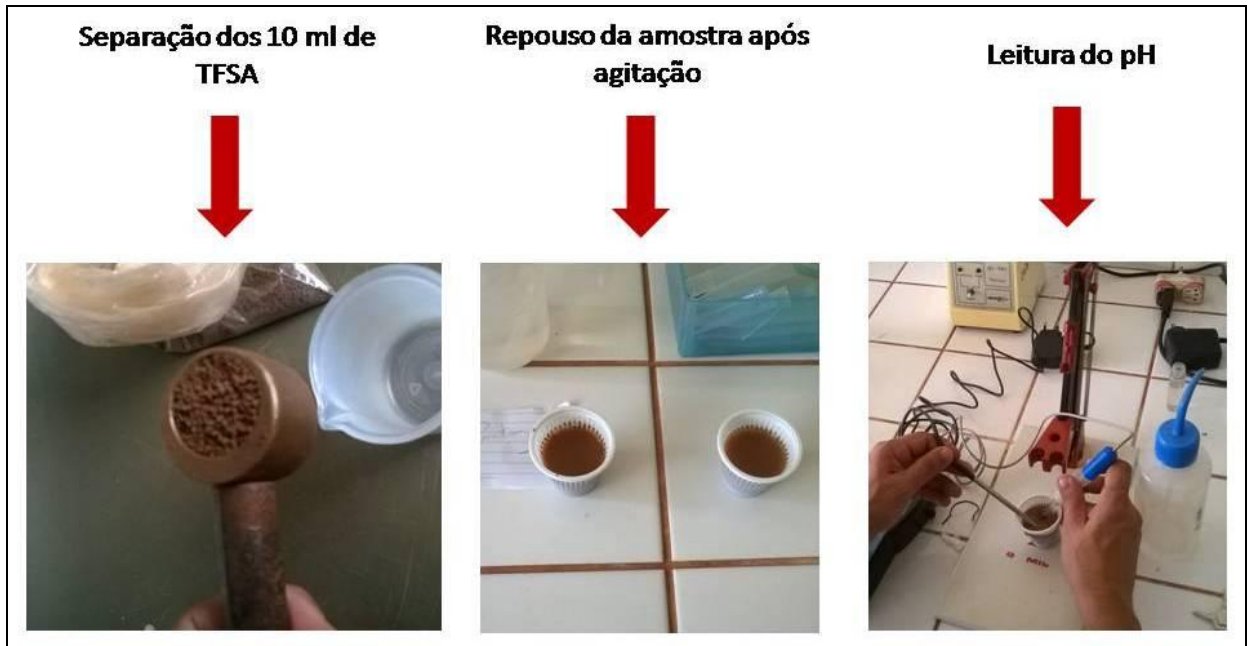
O fator (1,724) é utilizado porque admite-se que na composição média da matéria orgânica do solo, o carbono participa com 58%.

f) pH em água, segundo Embrapa (2009):

A determinação do pH das amostras foi realizada no Laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Nessa análise foi necessária a utilização de um potenciômetro com eletrodo combinado. Inicialmente foram separados 10 ml de TFSA e colocados em copo plástico numerado. Foram adicionados 25 ml de água destilada e agitado com bastão de vidro. Após a agitação, a amostra ficou de repouso por, aproximadamente, uma hora.

Após o repouso, a amostra foi agitada novamente com bastão de vidro, mergulhado o eletrodo na suspensão homogeneizada e efetuou-se a leitura do pH (Figura 16).

Figura 16 - Procedimentos para leitura do pH do solo em água



Elaborado por Taison L. de P. Braghioli

Para a determinação do pH das amostras não houve a necessidade de cálculos porque a leitura é feita diretamente no aparelho.

CAPÍTULO 1

Revisão da Literatura

Esse capítulo tem como objetivo apresentar a relação entre alguns condicionantes, características do solo e ação antrópica, no desencadeamento de processos erosivos lineares. Por se tratar de uma pesquisa em Unidade de Conservação, foi necessário abordar a evolução dessas áreas sob diversos aspectos, como a delimitação, a gestão, a classificação e tipologia e os objetivos que foram avançando com o passar do tempo devido a novas necessidades que vinham surgindo.

Com relação ao solo e suas características, esse primeiro capítulo mostra o processo de formação do solo e as peculiaridades de cada horizonte do solo. Além disso foi discutido a relação entre a parte sólida, líquida e gasosa do solo, caracterizando os índices físicos e o comportamento do solo por meio de suas propriedades físicas e mecânicas.

Outro assunto abordado foi a erosão como um processo natural de esculturação do relevo e a erosão antrópica ou erosão acelerada, que está relacionada com o uso e ocupação do solo e relevo, sendo o homem um dos principais agentes de transformação da paisagem e responsável pela erosão acelerada.

1.1 - Unidades de Conservação

A criação de Unidades de Conservação (UCs) é uma das principais ações do governo e da iniciativa privada que visam à preservação e conservação da biodiversidade, além de outros objetivos, como o lazer da população e o turismo. O processo de delimitação de “áreas especiais” é bastante antigo e vem evoluindo ao longo da história a partir das suas raízes em atos e práticas das primeiras sociedades humanas (VALLEJO, 2009). Essas áreas protegidas se justificavam pelo fato daqueles povos também ter suas necessidades de água pura, matéria-prima, animais e plantas medicinais e mais do que isso, esses espaços serviam para preservação de mitos e ocorrências históricas (MILLER, 1997).

A constituição de áreas ou bolsões de território para a preservação dos valores naturais é uma prática bastante antiga e as razões são as mais diversas, podendo ser religiosas ou culturais e até mesmo pela motivação de *status* social, como foi o caso dos parques reais de caça (BENJAMIN, 2000). Segundo Vallejo (2009), há registros de criação de reservas de caça e de proteção de áreas que datam 5.000 anos a. C. no Irã e as primeiras evidências sobre o conceito de parque foram identificadas na Mesopotâmia, regiões da Assíria e Babilônia, possivelmente devido à escassez das populações animais.

Já no Ocidente essa prática de delimitação de áreas protegidas foi mais recente, no período da Idade Média, quando áreas eram reservadas para uso exclusivo das classes dominantes da antiga Roma e da Europa e quando os reis separavam certas áreas para proteção de determinadas espécies. “A preservação da maioria dessas áreas relacionava-se com os interesses da realeza e da aristocracia rural. O objetivo principal era a manutenção dos recursos faunísticos e de seus respectivos habitats [...]” (VALLEJO, 2009, p. 159).

Progressivamente, no decorrer da nossa evolução, o modo de enxergar a natureza sofreu alterações, principalmente a partir da Revolução Industrial que trouxe diversas transformações políticas, culturais, econômicas, sociais e ambientais. A acumulação capitalista e a expansão dos mercados foram elementares para essa mudança, visto que a consolidação das premissas capitalistas e a economia clássica tratavam os recursos naturais como mercadorias e com isso a degradação ambiental se tornava irrelevante, fazendo com que houvesse uma redução dos espaços nativos. Somado a isso, os problemas criados pelo crescimento desordenado das cidades resultaram na valorização da vida no campo, fazendo com que a aristocracia se distanciasse dos centros urbanos e a pintura e a literatura começaram a valorizar esses “lugares de enlevo e fonte de renovação espiritual” (VALLEJO, 2009, p. 159).

O conceito de parque nacional foi empregado efetivamente no final do século XIX nos Estados Unidos, mais especificamente em 1º de março de 1872 com a criação do Parque Nacional de Yellowstone (*Yellowstone National Park*) (BENJAMIN, 2000). Para Quintão (1983) esse modelo americano foi seguido em diversas partes do mundo, surgindo parques no Canadá em 1885, na Nova Zelândia em 1894, na Austrália e na África do Sul em 1898. Os parques que foram surgindo já no século XX começaram a agregar outros elementos além da proteção da beleza cênica, como a preservação da biodiversidade florística e faunística e dos bancos genéticos. Com isso, esses espaços protegidos passaram a serem também laboratórios de pesquisa em ciências biológicas (BRITO, 2000 apud CAMPOS, 2004).

No Brasil, políticos brasileiros que lutavam pelo ideal de criar Parques Nacionais no país, em 1876, como André Rebouças, que propôs a criação dos Parques Nacionais da Ilha do Bananal no rio Araguaia e do Santos de Sete Quedas, no rio Paraná sob a inspiração no exemplo do Yellowstone quatro anos antes. As ideias de Rebouças, num primeiro instante, não foram totalmente contempladas, porém a sua luta não foi em vão, porque depois de decorridos sessenta anos de seu projeto, foi criado o primeiro Parque Nacional no Brasil (BRITO E CÂMARA, 1999).

A primeira área protegida de caráter nacional foi, então, o Parque Nacional de Itatiaia, criado em junho de 1937 (BENJAMIN, 2000). Esse Parque está situado na Serra da Mantiqueira, abrangendo os municípios de Itatiaia e Resende no estado do Rio de Janeiro e Bocaina de Minas e Itamonte no estado de Minas Gerais (ICMBIO, 2016). Dois anos depois, em 1939, foi criado o Parque Nacional do Iguaçu, abrigando o maior remanescente de Floresta Atlântica da região Sul do Brasil e protegendo uma riquíssima biodiversidade composta por espécies representativas da fauna e da flora brasileiras (ICMBIO, 2016).

Com o aumento no número de áreas protegidas e com a variação dos objetivos desses espaços nos diferentes países foi necessário estabelecer conceitos e diretrizes mais gerais a nível mundial. Para isso foram realizados vários encontros a nível continental e mundial para discussão desse tema. Vallejo (2009) destaca os seguintes:

- a Convenção para Preservação da Fauna e Flora em Estado Natural (Londres, 1933);
- a Convenção Pan-americana de Proteção da Natureza e Preservação da Vida Selvagem do Hemisfério Ocidental (Washington, 1940);
- o congresso organizado pelo governo francês e pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco) em 1948, quando foi fundada a União Internacional para a Proteção da Natureza (UIPN), posteriormente denominada União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), englobando agências governamentais e não-governamentais, e que passou a coordenar e iniciar trabalhos de cooperação internacional no campo da conservação da natureza;
- as assembleias anuais da UICN, realizadas a partir de 1960, e
- os Congressos Internacionais de Parques Nacionais, realizadas a cada 10 anos, desde 1962 (VALLEJO, 2009, p. 160).

A realização desses encontros foi importante, pois a partir deles houve diversas mudanças conceituais e nas perspectivas de criação e gestão das unidades de conservação em todo o mundo. Foram nessas discussões que surgiram novas categorias de manejo dessas áreas protegidas, como as Reservas Naturais, os Monumentos Naturais, as Reservas da Biosfera, entre outras, mas somente no II Congresso Mundial de Parques Nacionais que se firmou que as unidades de conservação da natureza só teriam sentido com a elevação da qualidade de vida da população dos países em vias de desenvolvimento (CAMPOS, 2004).

A partir de então desconstruiu-se aquela imagem romântica das áreas de preservação, servindo como norteadora para a criação do primeiro Parque Nacional do mundo, o Yellowstone. Sendo assim, a política mundial de criação de unidades de conservação definiu novos propósitos para essas áreas protegidas, independentemente da categoria de manejo. Esses novos objetivos foram, segundo Vallejo (2009):

1. pesquisa científica;
2. proteção da vida selvagem;
3. preservação de espécies e da diversidade genética;
4. manutenção dos serviços de meio ambiente;
5. proteção de aspectos naturais e culturais específicos;
6. recreação e turismo;
7. educação;
8. uso sustentável de recursos de ecossistemas naturais e
9. manutenção de atributos culturais tradicionais (VALLEJO, 2009, p. 161)

É importante salientar que no Brasil, a adoção do modelo de áreas protegidas como instrumento de proteção da natureza é anterior ao surgimento do Direito Ambiental, que teve seu marco inicial em 1981 com a promulgação da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (BENJAMIN, 2000). A Constituição Federal de 1988 também merece destaque nessa evolução histórica das Unidades de Conservação no Brasil, sendo um divisor de águas nas questões ambientais “seja ao regram a matéria de forma expressa” (BENJAMIN, 2000, p. 13), o que não acontecia no regime constitucional anterior a 1988, ou seja, por estabelecer mecanismos garantidores da perenidade legal e ecológica dos espaços territoriais especialmente protegidos (BENJAMIN, 2000). Atualmente, a principal referência que se tem para se tratar de áreas protegidas no Brasil é a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que sistematizou os critérios e as normas para a implantação e gestão das unidades de conservação (VALLEJO, 2009). A definição de Unidade de Conservação segundo a Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000, art. 2) é:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL. Lei nº 9.985, 2000, art. 2).

A partir dessa definição é necessário compreender também o que são áreas protegidas ou áreas especialmente protegidas para que não haja uma confusão na conceituação dessas e das Unidades de Conservação. Antunes (1996) define áreas protegidas como sendo aquelas

que, devido às características especiais que apresentam, devem permanecer preservadas. O grau de preservação é variável, considerando-se o tipo de proteção legal específico de cada uma das áreas consideradas individualmente e a classificação jurídica que tenha sido estabelecida para cada uma delas. A proteção pode variar desde a intocabilidade até o uso diário e relativamente intenso [...] (ANTUNES, 1996, p. 216).

Sendo assim, toda Unidade de Conservação é uma área especialmente protegida, entretanto, nem toda área especialmente protegida é uma Unidade de Conservação. Por exemplo, a Constituição Federal apresenta os biomas brasileiros que recebem tutela especial, como a Amazônia, a Mata Atlântica e Pantanal e com isso eles são considerados áreas protegidas, mas nem por isso esses biomas são, na sua totalidade, Unidades de Conservação (BENJAMIN, 2000).

Ainda segundo esse autor, a Constituição Federal determina a proteção do meio ambiente na totalidade do território, porém o próprio legislador reconheceu a existência de determinadas áreas que precisam de mais atenção do Poder Público e dos particulares e são para esses casos que a própria Constituição estabelece a delimitação de espaços com um regime jurídico diferente daquele aplicado na generalidade da natureza. Esses espaços, segundo a Lei 9.985/00 são as Unidades de Conservação, que por terem atributos ambientais especiais requerem um tratamento especializado e diferenciado.

Importante enfatizar que esses atributos ambientais não se restringem apenas à beleza cênica, pelo contrário, o SNUC busca amparar, a um só tempo, “o formoso e o feio, o economicamente útil e inútil, o visível e o invisível a olho nu, o aprazível e até o incômodo” (BENJAMIN, 2000, p. 18). Ou seja, o que se busca com a criação de uma Unidade de Conservação é algo bastante complexo porque além de proteger as paisagens de notável beleza cênica, têm-se a preocupação de manter e restaurar a biodiversidade, proteger as espécies ameaçadas de extinção entre outros propósitos.

Conforme o artigo 3da Lei n° 9.985 (BRASIL, 2000) o Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC) é constituído por um conjunto das Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais e apresenta os seguintes objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;

- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente (BRASIL. Lei nº 9.985, 2000, art. 4).

Esses objetivos citados podem ser separados em quatro grupos de finalidades principais das Unidades de Conservação, como apresenta Benjamin (2000), sendo a conservação da natureza, o aproveitamento público, pesquisa científica e uso econômico sustentável dos seus recursos. O primeiro e mais relevante é o de proteção da natureza por meio da conservação de suas características individuais, específicas. O segundo está diretamente ligado ao uso do espaço para visitação e atividades de lazer, enquanto a pesquisa científica se tornou a base para a criação de diversos tipos de UCs, como a Estação Ecológica, por exemplo. Por fim, o uso econômico sustentável dos recursos também está bem representado em alguns tipos de UCs, como é o caso da Reserva Extrativista e da Reserva de Desenvolvimento Sustentável.

Sobre a classificação e tipologia dessas áreas existem vários critérios classificatórios, como a divisão das mesmas em públicas (que é a grande maioria) ou privadas (na maioria das vezes se dá pela criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN)). Outro critério é que as UCs podem ser federais, estaduais ou municipais. “Noutra perspectiva, temos as UCs de preservação (proibição de uso econômico direto) e as de conservação (possibilidade de uso econômico direto)” (BENJAMIN, 2000, p. 27). Conforme o artigo 7 da Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000) as unidades de conservação integrantes do SNUC se dividem em dois grupos com características próprias: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável.

O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto por cinco categorias de unidades de conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (BRASIL. Lei nº 9.985, 2000, art. 8). O objetivo principal desse grupo é a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais ali presentes, com exceção dos casos previstos na lei. Alguns exemplos de atividades de uso indireto dos recursos são a visitação, a recreação em contato com a natureza, o turismo ecológico, a pesquisa científica e a educação e interpretação ambiental (BRASIL, 2010).

Já o grupo das Unidades de Uso Sustentável é composto por sete categorias: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva

Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, Lei nº 9.985, 2000, art. 14). Nesse grupo as atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais são permitidas desde que garantam a perenidade dos recursos renováveis e dos processos ecológicos (BRASIL, 2010).

As Unidades de Conservação de Proteção Integral são mais restritivas em relação ao uso e são, em sua maioria, de domínio público e controle estatal. Esse controle pode se dar nas esferas federal, estadual ou municipal dependendo da extensão da área e da importância de tais recursos ambientais para o país (VALLEJO, 2009). As Unidades de Conservação municipais são importantes e vantajosas tendo em vista que elas

podem evitar ou diminuir acidentes naturais ocasionados por enchentes e desabamentos; possibilitar a manutenção da qualidade do ar, solo e dos recursos hídricos ; permitir o incremento de atividades relacionadas ao turismo ecológico, e proporcionar a geração de emprego e renda (BRASIL, 2010).

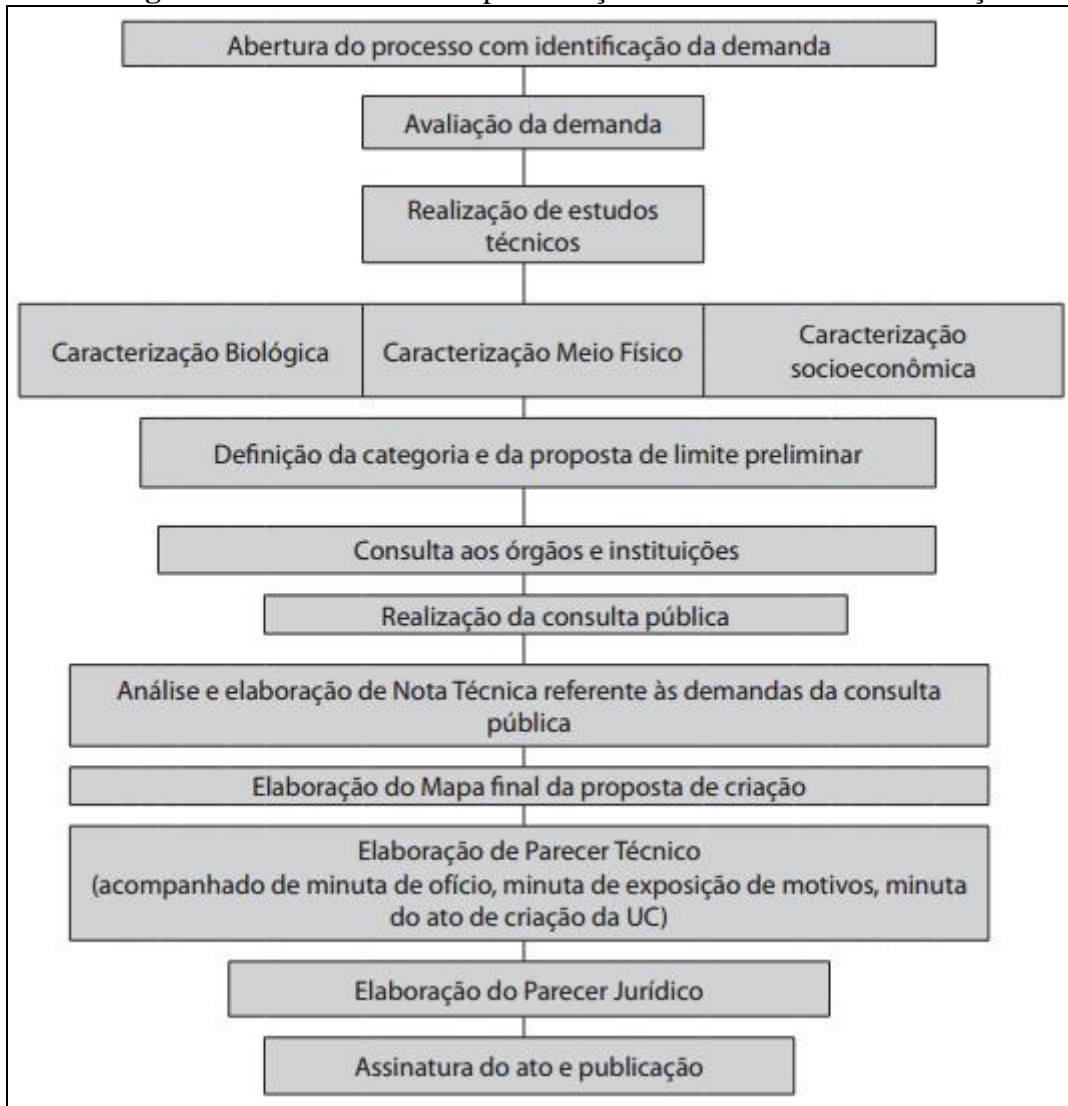
É válido ressaltar que as unidades de conservação não são um empecilho para o desenvolvimento econômico e socioambiental do município e deve ser entendida como uma maneira especial de ordenamento do território. Mas como já demonstrado, os usos e manejos dos recursos naturais dentro das UCs variam de acordo com a categoria que ela está inserida e por isso devem-se considerar as potencialidades e especificidades da área para depois escolher a categoria, objetivando a garantia do desenvolvimento local. “As unidades de conservação são exemplos de como é possível compatibilizar o desenvolvimento econômico com preservação ambiental” (BRASIL, 2010, p. 8).

O processo de criação de unidades de conservação deve seguir fielmente o Capítulo IV da Lei nº 9.985 de 2000 e o Capítulo I do Decreto nº 4.340 de 2002 visto que esses capítulos tratam especificamente dos procedimentos necessários para criação de uma unidade de conservação. Segundo o roteiro para criação de UCs municipais, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (2010), os procedimentos para criação dessas áreas devem seguir os procedimentos expostos no Fluxograma 2.

A partir da análise desses procedimentos é possível observar que são necessárias diversas etapas até que UC Municipal seja criada desde a abertura do processo de criação por meio da apresentação de uma demanda, passando pelos estudos técnicos necessários e a escolha da categoria na qual a área se encaixa melhor. Outra etapa bastante relevante é a consulta pública, pois é a partir dela que a Prefeitura tem o dever de apresentar a proposta de criação da unidade, fornecendo informações adequadas e inteligíveis à população local e a

todos os interessados. Além disso, devem-se mencionar as implicações para a população residente no interior e no entorno da unidade proposta.

Fluxograma 2 - Procedimentos para criação de Unidades de Conservação



Fonte:Ministério do Meio Ambiente (2010)

Importante destacar que a criação de Unidades de Conservação está diretamente relacionada com as mudanças que o homem vem produzindo nas paisagens, principalmente com o aumento no processo de urbanização. Nesse sentido, Fernandez (1997) enfatiza que a própria expansão da civilização humana, associada a uma gradual e rigorosa diminuição dos habitats naturais, acarretaram sua fragmentação. Muitos desses que antes eram essencialmente contínuos transformaram-se em uma paisagem configurada por um mosaico formado por manchas isoladas do habitat original, circundadas por áreas transformadas antropicamente. Nesse sentido, as UCs representam fragmentos dos ecossistemas antes maiores e contínuos e

que estão muito próximos de áreas onde houve notável perda de espécies florísticas e faunísticas além da degradação do solo.

1.2 - Solo e Propriedades físicas e mecânicas dos solos

Para Araújo e Almeida (2005) o solo é um recurso vital para a humanidade mas tem sido mal utilizado pelos seres humanos, resultando em uma rápida degradação desse recurso. As atividades diretamente ligadas a essa má utilização são o desmatamento, o corte de encostas, a disposição incorreta de resíduos domésticos e industriais e o uso agrícola, por exemplo.

Fiori e Carmignani (2009) conceituam o solo com um conjunto de partículas sólidas com vazios de formas e tamanhos variados que podem estar preenchido com água, ar ou ambos. Para Pinto (2006) todos os solos têm suas origens na decomposição das rochas que constituíam a crosta terrestre e essa decomposição

[...] é decorrente de agentes físicos e químicos. Variações de temperatura provocam trincas, nas quais penetra a água, atacando quimicamente os minerais. O congelamento da água nas trincas, entre outros fatores, exerce elevadas tensões, do que decorre maior fragmentação dos blocos. A presença da fauna e flora promove o ataque químico, através da hidratação, hidrólise, oxidação, lixiviação, troca de cátions, carbonatação, etc. O conjunto destes processos [...] leva à formação dos solos que, em consequência, são misturas de partículas pequenas que se diferenciam pelo tamanho e pela composição química (PINTO, 2006, p. 3).

Craig (2013) define solo como qualquer reunião de partículas minerais soltas ou fracamente cimentadas (unidas) por carbonatos ou óxidos precipitados entre as partículas ou por matéria orgânica. Nunes (1956) compreende solo como um material resultante da sedimentação não consolidada dos grãos elementares constituintes das rochas (grãos esses resultantes da decomposição da rocha por agentes geológicos) com adição de partículas fibrosas de material carbonoso e matéria orgânica. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SBCS) da Empresa Brasileiro de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa) (2006) define solo como

[...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões

continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

Quando examinados a partir da superfície consistem de seções aproximadamente paralelas, organizadas em camadas e, ou, horizontes que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, que ocorrem ao longo do tempo e sob a influência dos fatores clima, organismos e relevo (EMBRAPA, 2006, p. 27).

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos apresenta a atmosfera como sendo o limite superior do solo. Os limites laterais são as áreas onde este se encontra com corpos d'água superficiais, gelo, rocha, aterros, terrenos sob espelhos d'água permanentes, entre outros (EMBRAPA, 2006).

Para Caputo (1983), os solos são o produto da meteorização (intemperismo) das rochas, podendo acontecer pela desintegração mecânica ou decomposição química ou pelos dois simultaneamente. A desintegração mecânica é responsável pela formação de pedregulhos, areias, siltes e argilas por meio de agentes como a água, a temperatura, a vegetação e o vento. Já a decomposição química tem como principal agente a água e é o processo responsável pela modificação química ou mineralógica das rochas de origem (*rocha-mater*). Portanto, “[...] o solo é, assim, uma função da *rocha-mater* e dos diferentes agentes de alteração” (CAPUTO, 1983, p. 14).

O intemperismo para Das (2011) é um processo de desgaste das rochas por meio de ações mecânicas ou químicas dos agentes intempéricos. O intemperismo mecânico pode ser causado pelo ganho e perda de calor da rocha, causando contração e expansão desse material, desintegrando-o. Outro fator que pode levar a esse processo é o congelamento da água nos poros e rachaduras existentes nas rochas, pois a pressão exercida pelo gelo ocasionado pela expansão do volume é suficientemente forte para desagregar as rochas. Além desses pode-se destacar as geleiras glaciais, o vento, a água corrente de cursos d'água e as ondas do mar como agentes responsáveis pelo intemperismo físico ou mecânico.

Já no intemperismo químico, ainda segundo Das (2011), os minerais originais da rocha, por meio de reações químicas, são transformados em novos minerais. Os principais agentes responsáveis por essa mudança química nas rochas são a água e o dióxido de carbono da atmosfera, que se juntam e formam o ácido carbônico que reage com os minerais, formando novos minerais e sais solúveis. Além desses, os sais solúveis existentes nos lençóis freáticos e os ácidos resultantes da decomposição da matéria orgânica também contribuem para o intemperismo químico. Importante salientar que o processo de intemperismo não está

limitado a rochas ígneas, ou seja, tanto as rochas sedimentares como as metamórficas também sofrem intemperismo de forma semelhante.

Os sedimentos resultantes desse processo podem ficar no mesmo lugar ou serem transportados e depositados em outros lugares, seja pela gravidade, vento, água ou gelo. Os solos formados pelos sedimentos que ficam no mesmo lugar são denominados solos residuais e tem como importante característica a graduação do tamanho das partículas, ou seja, os grãos refinados ficam na superfície e aumentam com a profundidade. Já os solos formados pelos sedimentos transportados são classificados de acordo com o transporte e sedimentação. Das (2011) os classificam nos seguintes grupos:

1. Solos glaciais - formados pelo transporte e sedimentação de geleiras.
2. Solos aluviais - transportados pela água corrente e depositados ao longo dos rios.
3. Solos lacustres - formados pela sedimentação em lagos de água parada.
4. Solos marinhos - formados pela sedimentação nos oceanos.
5. Solos eólicos - transportados e depositados pela ação dos ventos.
6. Solos coluviais - formados pelo transporte do solo de seu local de origem pela gravidade, como em deslizamentos de terra. (DAS, 2011, p. 17)

Os horizontes do solo são, segundo Lepsch (2010), uma série de camadas aproximadamente paralelas à superfície com aspectos e constituição diferentes devido à ação de um conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos que atuam sobre a rocha e o saprólito relativamente homogêneos. Para Bunting (1971) a diferenciação dos horizontes é atribuída aos acréscimos, remoções e transferência de materiais e energias, em que

[...] os acréscimos mais notáveis são os de matéria orgânica e gases; as remoções dizem respeito aos sais e aos carbonatos; ao passo que as transferências são de humo e sesquióxidos. Ocorrem, também, transformações de matéria orgânica primária, que se transmutam em ácidos húmicos, e de minerais primários, que se tornam argilas secundárias, quer in situ, quer durante o transporte. Tudo isso ocorre simultaneamente no solo, em maior ou menor grau. O equilíbrio entre esses processos determina a natureza dos perfis (BUNTING, 1971, p. 112).

Quando um solo é cortado verticalmente é possível observar toda a sua sequência de horizontes mesmo quando a transição entre elas não seja bem distinta. A essa seção vertical, da superfície até a rocha matriz, dá-se o nome de perfil do solo (Figura 17).

O perfil de um solo completo e bem desenvolvido deve possuir cinco tipos de horizontes, os chamados horizontes principais e identificados pelas letras O, A, E, B e C

(sempre maiúsculas). Vale ressaltar que nem sempre todos esses horizontes estão em um perfil, como por exemplo, muitos não têm o horizonte E, outros, por sua vez, não possuem o horizonte B. Nesse último caso o solo é considerado pouco desenvolvido ou com um perfil incompleto visto que a presença do horizonte B é essencial para que um solo seja considerado bem desenvolvido (LEPSCH, 2010).

Figura 17 - Taludes de estradas, expondo o perfil do solo.



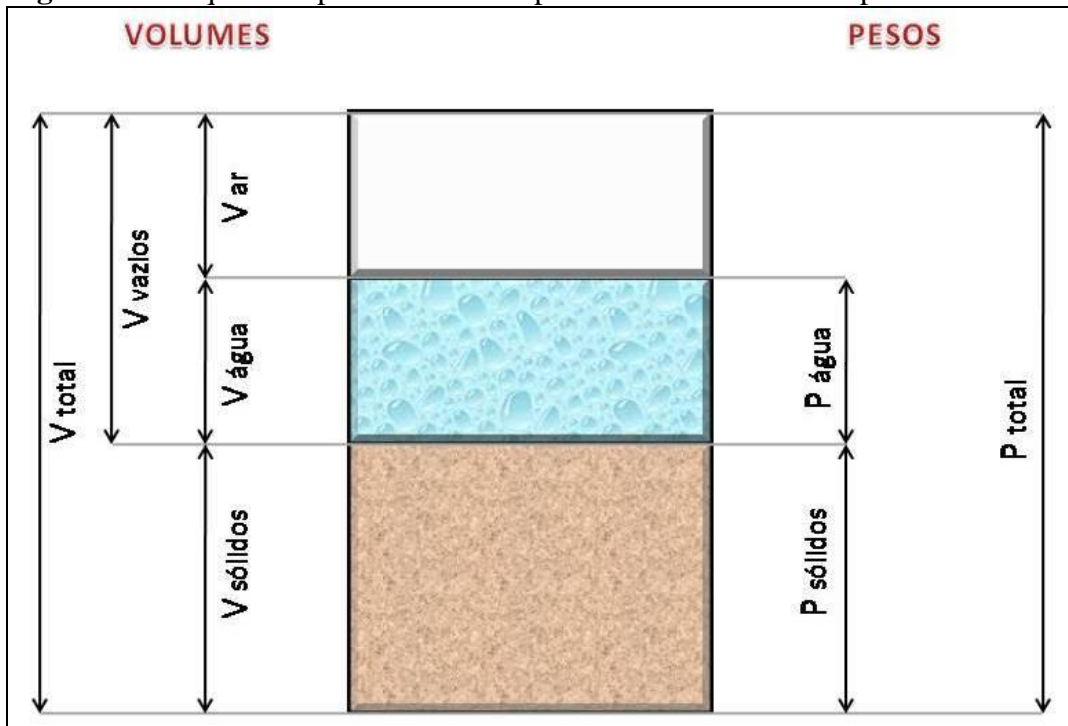
Fonte: LEPSCH (2010, p. 31)

O símbolo O denomina o horizonte orgânico que recobre certos solos minerais, sendo ele constituído, principalmente por folhas e galhos que caem dos vegetais e pelos primeiros produtos em decomposição. O horizonte A é a camada predominantemente mineral mais próxima da superfície e apresenta acúmulo de matéria orgânica (por isso é normalmente mais escuro). O horizonte E está presente em alguns solos e é considerado um horizonte eluvial porque perde materiais como argila e óxidos de ferro para o horizonte B e por isso, apresenta coloração mais clara. Já o horizonte B é definido como aquele que apresenta o máximo desenvolvimento de cor, estrutura e/ou que possui acúmulo de materiais transcolados dos horizontes A e/ou E. Por fim, o horizonte C, que normalmente corresponde ao saprolito, ou seja, a rocha pouco alterada pelos processos de formação do solo e, por isso, apresenta características mais próximas ao material de origem (LEPSCH, 2010).

Se tratando dos solos e de suas propriedades, Nunes (1956) salienta que um dos principais objetivos é encontrar métodos para discriminação de diferentes qualidades de solo

de uma dada categoria e essas diferenças nas propriedades dos solos se baseiam nas chamadas propriedades índices. Esses índices, ou índices físicos do solo segundo Fiori e Carmignani (2009) são as relações matemáticas entre os pesos e volumes dos componentes de uma massa de solo, ou seja, entre as frações de sólidos, líquidos e gases (Figura 18).

Figura 18 - Esquema representativo dos pesos e volumes dos componentes do solo



Fonte: Adaptado de Caputo (1983, p. 38)

A análise desses índices físicos se torna importante porque o comportamento do solo depende da quantidade relativa de cada uma dessas três fases, ou seja, o solo permanece o mesmo em relação às suas partículas constituintes, mas as suas propriedades dependem do estado em que ele se encontra. Por exemplo, quando se diminui o volume de vazios, a resistência aumenta (PINTO, 2006). Os índices físicos e mecânicos dos solos têm sido estudados por muitos pesquisadores (CAPUTO, 1983; PINTO, 2006; DAS, 2011; FIORI E CARMIGNANI, 2009; CRAIG, 2013; NOGUEIRA, 1973; NUNES, 1956; TERZAGHI E PECK, 1962; BUENO E VILAR, 1980).

Devem ser considerados índices físicos do solo: o teor de umidade, o índice de vazios, a porosidade, o grau de saturação, o grau de aeração, o peso específico dos sólidos (ou dos grãos), o peso específico da água, o peso específico natural, o peso específico aparente seco, o peso específico aparente saturado e o peso específico submerso (PINTO, 2006; CAPUTO, 1983). Essas análises, como já mencionado, servem para identificar o estado do solo visto que

a quantidade de ar e água pode variar nas camadas ou horizontes devido a processos como a evaporação, por exemplo.

Terzaghi e Peck (1962) compreendem o teor de umidade, ou umidade natural do solo, como sendo a água que ocupa os vazios do solo situado acima do lençol freático. Para Pinto (2006) umidade é a relação entre o peso da água e o peso dos sólidos e varia de acordo com o tipo de solo, ou seja, ela se situa entre 10 e 40% podendo ocorrer valores muito baixos (caracterizando solos secos) ou muito altos, chegando a 150% ou mais. Caputo (1983) também define a umidade (h) como a razão entre o peso da água contida em um determinado volume de solo e o peso do sólido contido nesse mesmo volume, chegando a seguinte Equação 1:

$$h\% = \frac{P_a}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: P_a - Peso da água
 P_s - Volume dos sólidos

Fonte: Caputo (1983)

O valor de umidade do solo, segundo Fiori e Carmignani (2009) varia de acordo com a localização de onde é retirada a amostra, ou seja, se foi na superfície do terreno ou em profundidade, se foi perto de lagos ou rios ou se a coleta da amostra foi após uma precipitação em forma de chuva. Destaca-se que as amostras coletadas abaixo do nível freático permanente não sofrerão variações no seu conteúdo de água visto que já estarão saturadas; por outro lado, as amostras coletadas acima desse nível apresentarão uma variação natural da umidade devido aos fatores climáticos como temperatura e duração e intensidade das chuvas.

O índice de vazios é uma medida de densidade e, por isso, é considerada uma das características mais importantes para a definição de um solo, pois muitas propriedades do solo dependem dessa característica, como a permeabilidade, por exemplo (FIORI E CARMIGNANI, 2009). Esse índice é normalmente expresso como decimal e é o resultado da razão do volume de vazios pelo volume de sólidos das amostras (Equação 2):

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_s} \quad (2)$$

Sendo: V_v - Volume de vazios
 V_s - Volume dos sólidos

Fonte: Fiori e Carmignani (2009)

Pinto (2006) salienta que esse índice de vazios costuma ficar entre 0,5 e 1,5, mas existem as argilas orgânicas que apresentam esse índice superiores a 3, ou seja, o volume de vazios da amostra é 3 vezes mais que o volume de partículas sólidas. O Quadro 2 apresenta uma referência quanto ao valor do índice de vazios, variando de muito alta a muito baixa.

Quadro 2 - Classificação do índice de vazios nos solos

Índices de vazios (=Vv/Vs)	Denominação
Maior que 1	Muito alta
1,0 - 0,80	Alta
0,80 - 0,55	Média
0,55 - 0,43	Baixa
Menor que 0,43	Muito baixa

Fonte: Adaptado de Fiori e Carmignani (2009)

Assim como o índice de vazios, a porosidade também é uma medida de densidade do solo e é frequentemente utilizada para fins de agricultura e, portanto, a preferida pelos agrônomos. Essa porosidade é expressa em porcentagem, valores que geralmente variam entre 30 e 70%, resultantes da razão entre o volume de vazios e o volume total da massa de solo amostrada, conforme a Equação 3 (Caputo, 1983; Fiori e Carmignani, 2009; Pinto, 2006).

$$n\% = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \quad (3)$$

Sendo: V_v - Volume de vazios
 V_t - Volume total

Fonte: Caputo (1983)

A porosidade pode ser classificada quanto a sua porcentagem na amostra de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação da porosidade nos solos

Porosidade (%)	Denominação
Maior que 50	Muito alta
50 - 45	Alta
45 -35	Média
35 - 30	Baixa
Menor que 30	Muito baixa

Fonte: Adaptado de Fiori e Carmignani (2009)

O grau de saturação do solo é um índice importante no estudo das propriedades físicas dos solos visto que ele influencia no comportamento da permeabilidade, da compressibilidade e na resistência a ruptura do solo. Ele pode ser compreendido como a porcentagem de água contida nos vazios do solo, ou seja, é a relação entre o volume de água e o volume de vazios, expressa na Equação 4. Já grau de aeração segue a mesma lógica do grau de saturação, porém a análise é feita pela razão do volume do ar pelo volume de vazios e não pelo volume de água de uma dada amostra de solo, conforme representado na Equação 5 (CAPUTO, 1983; FIORI E CARMIGNANI, 2009).

$$S\% = \frac{V_a}{V_v} \times 100 \quad (4)$$

$$A\% = \frac{V_{ar}}{V_v} \times 100 \quad (5)$$

Sendo: V_v - Volume de vazios
 V_a - Volume de água na amostra
 V_{ar} - Volume de ar na amostra

Fonte: Caputo (1983)

O Quadro 4 apresenta a classificação dos solos segundo seu grau de saturação, podendo ser naturalmente seco quando a saturação é inferior a 25 %, até saturado, quando a porcentagem de água nos vazios da amostra é superior a 95%.

Quadro 4 - Classificação do grau de saturação

Grau de saturação (%)	Denominação
0 - 25	Naturalmente seco
25 - 50	Úmido
50 - 80	Muito úmido
80 - 95	Altamente saturado
95 - 100	Saturado

Fonte: Adaptado de Fiori e Carmignani (2009)

Com relação aos pesos específicos de um solo, estes são definidos como a razão entre o peso de um determinado componente das três partes físicas do solo analisado (sólidos, líquidos ou gases) e o seu volume. Sendo assim, podem-se obter vários pesos específicos de uma amostra de solo, como:

a) o peso específico dos solos (ou dos grãos): Esse índice é uma característica dos solos da amostra e é expresso pela relação entre o peso das partículas sólidas e o seu volume conforme exemplificado na Equação 6. Os valores do peso específico variam pouco de solo para solo (em torno de 27 kN/m³) e por isso não é possível fazer a identificação deste somente com esses dados, porém eles são importante para o cálculo de outros índices (PINTO, 2006).

$$\gamma_g = \frac{P_s}{V_s} \quad (6)$$

Sendo: P_s - Peso dos sólidos
 V_s - Volume dos sólidos

Fonte: Fiori e Carmignani (2009)

b) o peso específico da água - O peso específico da água varia com a temperatura e com os sais dissolvidos nela e é dado pela razão entre o peso de uma quantidade de água e o seu volume (Equação 7). Entretanto, adota-se comumente o valor de 10 kN/m³ (PINTO, 2006) ou 1 t/m³ (FIORI E CARMIGNANI, 2009), que corresponde a densidade da água destilada a 4 °C.

$$\gamma_a = \frac{P_a}{V_a} \quad (7)$$

Sendo: P_a - Peso da água
 V_a - Volume de água

Fonte:Fiori e Carmignani (2009)

c) o peso específico natural - definido como a razão entre o peso da amostra e o seu volume, como coletada em campo, ou seja, é a relação entre o peso total do solo e o seu volume total conforme demonstrado na Equação 8. Importante salientar que esse índice não varia muito entre os diferentes solos, ficando por volta de 19 a 20 kN/m³ (FIORI E CARMIGNANI, 2009).

$$\gamma_{\text{nat}} = \frac{P}{V} = \frac{P_s + P_a}{V_s + V_v} \quad (8)$$

Sendo: P_s - Peso dos sólidos
 P_a - Peso da água
 V_s - Volume dos sólidos
 V_v - Volume de vazios

Fonte:Fiori e Carmignani (2009)

d) o peso específico aparente seco - Esse valor se refere ao peso específico que o solo teria, caso ficasse seco e sem variação de volume, ou seja, ele é a relação entre o peso do solo adequadamente seco em uma estufa pelo volume total da amostra, representado pela Equação 9. Pinto (2006) salienta que esse índice também pode ser obtido a partir dos dados do peso específico natural e da umidade da amostra.

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} \quad (9)$$

Sendo: P_s - Peso dos sólidos
 V - Volume total da amostra

Fonte:Fiori e Carmignani (2009)

e) o peso específico aparente saturado - Esse índice representa o valor do solo se viesse a ficar saturado sem que houvesse variação de volume (PINTO, 2006), dado pela razão entre o peso total da amostra depois de saturada com água (quando todos os vazios estão completamente cheio de água) e o volume da amostra, conforme Equação 10.

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{P_s + P_a}{V_s + V_a} \quad (10)$$

Sendo:

- P_s - Peso dos sólidos
- P_a - Peso da água
- V_s - Volume dos sólidos
- V_v - Volume da água

Fonte: Fiori e Carmignani (2009)

f) o peso específico submerso - Primeiramente é importante salientar que as partículas sólidas do solo, quando submerso, sofrem o empuxo da água e, portanto, o peso específico submerso é o peso efetivo do solo quando submerso e submetido a esse empuxo, conforme Figura 19.

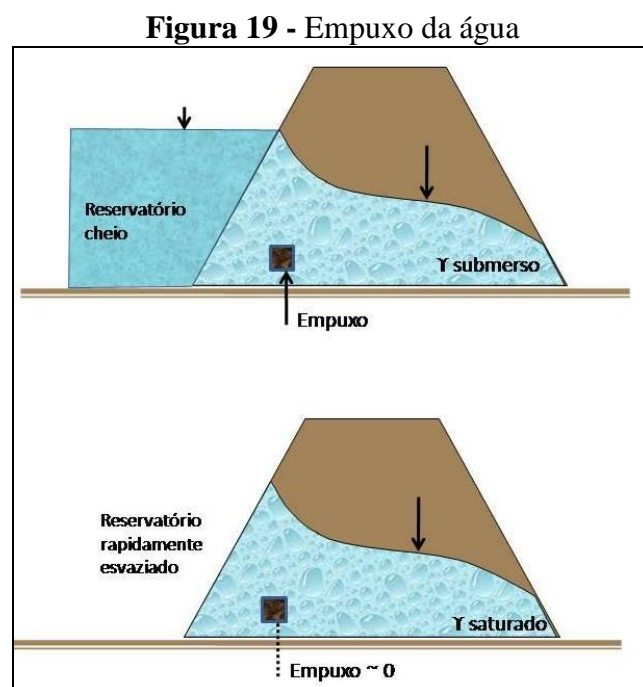
Não é possível medir esse índice por via direta, por isso, ele é calculado pela diferença entre o peso específico aparente saturado menos o peso específico da água, como representado na Equação 11.

$$\gamma_{\text{sub}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_a \quad (11)$$

Sendo:

- γ_{sat} - Peso específico aparente saturado
- γ_a - Peso específico da água

Fonte: Fiori e Carmignani (2009)



Fonte: Adaptado de Caputo (1983, p. 45)

Além desses índices físicos outras propriedades físicas e mecânicas dos solos devem ser analisadas com o objetivo de entender suas dinâmicas e como isso pode se relacionar aos processos erosivos. Uma dessas propriedades é a granulometria ou análise granulométrica das amostras que para Craig (2013) é a determinação da porcentagem das massas das partículas dentro de diferentes faixas de tamanhos, que já foram explicitados anteriormente nos trabalhos de Pinto (2006) e Bueno e Vilar (1980).

Para Terzaghi e Peck (1962, p. 20) “o objeto da análise granulométrica é determinar a dimensão dos grãos que constituem um solo e a porcentagem do peso total representada pelos grãos em vários intervalos de tamanho [...]”. Caputo (1983) define a análise granulométrica como sendo a determinação das dimensões das partículas do solo e em que proporções relativas elas se encontram na amostra analisada. A forma mais direta de separar um solo em frações é o uso de peneiras (peneiramento), porém esse tipo de análise se restringe ao cálculo da distribuição do tamanho das partículas de um solo grosso, visto que a abertura da malha mais fina das peneiras na prática é de 0,07 mm (Quadro 5) (TERZAGHI e PECH, 1962).

Quadro 5 - Número e abertura das malhas das peneiras segundo normas da A.S.T.M.

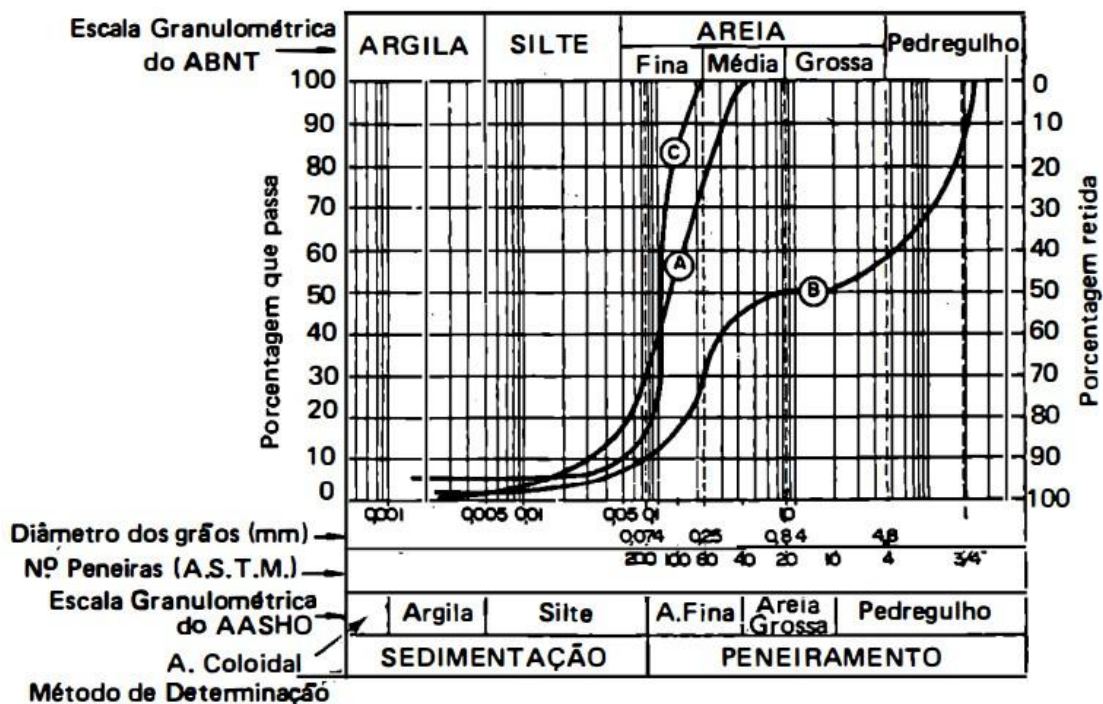
Nº.	Abertura (mm)	Nº.	Abertura (mm)
200	0,074	25	0,710
140	0,105	20	0,840
120	0,125	18	1,00
100	0,149	16	1,19
80	0,177	14	1,41
70	0,210	12	1,68
60	0,250	10	2,00
50	0,297	8	2,38
45	0,350	7	2,83
40	0,420	6	3,36
35	0,500	5	4,00
30	0,590	3/16"	4,76

Fonte: Caputo (1983)

Para calcular a distribuição do tamanho das partículas de um solo fino ou da fração fina de um solo grosso pode-se utilizar o método da sedimentação, que relaciona o tamanho das partículas com sua velocidade de deposição quando submetidas a uma suspensão em água, ou seja, quanto maior a partícula, maior a velocidade de deposição e vice-versa (CRAIG, 2013). Os dados dessa análise são representados, graficamente, pela curva granulométrica, que é um diagrama semilogarítmico, em que as abscissas representam a dimensão dos grãos e as ordenadas representam a quantidade de grãos que passam ou não pelos métodos aplicados na análise (peneiramento e sedimentação) (CAPUTO, 1983).

Por meio da análise da curva granulométrica é possível distinguir os diferentes tipos de granulometria. As curvas apresentadas no Gráfico 1 indicam a granulometria contínua (curva A), descontínua (curva B) e uniforme (curva C).

Gráfico 1 -Curva granulométrica



Fonte: Caputo (1983, p. 25)

A curva A também representa um solo com partículas bem graduadas, mas dependendo da predominância de frações grossas ou finas, o solo também pode ser considerado mal graduado. Nesse sentido, a Figura 20 apresenta de forma esquemática essas diferentes granulometrias.

Figura 20 - Granulação das partículas

Fonte: Caputo (1983, p. 26)

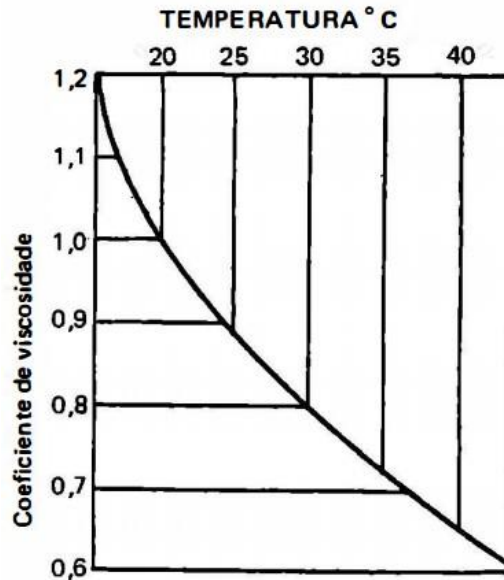
Para Terzaghi e Peck (1962) um material é dito permeável se contém vazios ininterruptos; todos os solos são materiais que possuem vazios ininterruptos, portanto, todos os solos são permeáveis (CRAIG, 2013). A permeabilidade dos solos, segundo Caputo (1983) é a propriedade que o solo tem de permitir o escoamento da água através dele. A NBR 13292/95 compreende a permeabilidade como a maior ou menor facilidade com que a água flui entre os poros do solo, dependendo basicamente da interligação dos poros, do índice de vazios e das fraturas do meio. Para Bueno e Vilar (1980), as principais características do solo que afetam a permeabilidade são o tamanho das partículas, o índice de vazios e o grau de saturação, acrescentam ainda que a permeabilidade varia grosseiramente em relação ao tamanho das partículas.

O conhecimento da permeabilidade de um solo é importante para compreensão de alguns problemas relacionados à drenagem e ao rebaixamento do nível d'água e é expresso, numericamente, pelo coeficiente de permeabilidade (medido em cm/seg). “O coeficiente de permeabilidade varia para os diferentes solos e, para um mesmo solo, depende essencialmente da temperatura e do índice de vazios [...]” (CAPUTO, 1983, p. 68). Ou seja, quanto maior for a temperatura do fluido, menor é sua viscosidade (Figura 21), resultando em um escoamento facilitado pelos vazios do solo e o aumento do coeficiente de permeabilidade.

O coeficiente de permeabilidade é apresentado por k e os ensaios para determinação desse índice podem ser realizados com carga constante ou variável. Craig (2013) demonstra que “o coeficiente de permeabilidade para solos grossos pode ser determinado por meio do

ensaio de permeabilidade de carga constante. [...] Para solos finos, deve ser usado o ensaio de carga variável” (CRAIG, 2013, p. 27).

Figura 21 - Relação do coeficiente de viscosidade e temperatura



Fonte: Caputo (1983, p. 69)

Os intervalos de variação da permeabilidade (k) para os diferentes tipos de solos pode ser observado no Quadro 6.

Quadro 6 - Permeabilidade e características de drenagem de solos

k	10^2	10^1	1,0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	
Drenagem	Boa					Difícil		Praticamente impermeável					
Tipos de solo	Pedregulho limpo	Areias limpas e misturas de areias limpa e pedregulhos				Areias muito finas, siltes orgânicos e inorgânicos, mistura de areia, silte e argila, moraina glacial, depósitos stratificados de argila, etc.			Solos "impermeáveis" modificados por efeitos de vegetação e intemperismo				

Fonte: Adaptado de Terzaghi e Peck (1962, p. 58)

A consistência, para Silva (2007), ocorre em função das forças de adesão e coesão, que variam com o grau de umidade, com a textura e com a quantidade de matéria orgânica. Sobre a consistência do solo Fiori e Carmignani (2009) salientam que

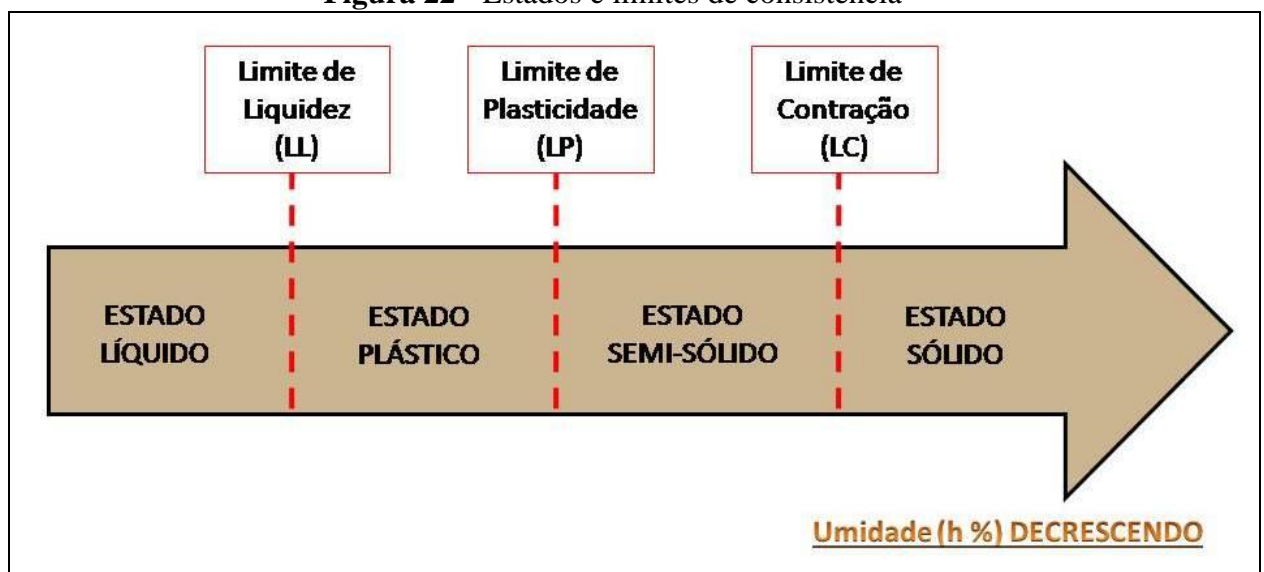
O comportamento de um solo argiloso varia enormemente em função do teor de umidade (h), podendo passar de um estado quase líquido, a exemplo de lama, até um estado sólido, como por exemplo, as cerâmicas. Nessa passagem, podem ser definidos vários estados intermediários de consistência, e os teores de umidade (h) que os definem são conhecidos como limites de consistência de Atterberg, em homenagem ao engenheiro agrônomo sueco Atterberg (1911), que propôs a subdivisão (FIORI E CARMIGNANI, 2009, p. 49).

Para Das (2011), quando existe a presença de materiais argilosos em um solo granular fino, esse pode ser remoldado na presença de alguma umidade sem desagregar. Dependendo do teor de umidade, o solo pode se comportar de quatro formas diferentes, sendo elas: sólido, semissólido, plástico e líquido. Sobre os limites de consistência, Das (2011) os define da seguinte forma:

O teor de umidade no qual ocorre a transição do estado sólido para o semissólido é definido como limite de contração, e é expresso em termos percentuais. O teor de umidade no ponto de transição do estado semissólido para o estado plástico é o limite de plasticidade, e do estado plástico para o líquido é o limite de liquidez (DAS, 2011, p. 63).

A Figura 22 ilustra esquematicamente esses estados físicos, chamados estados de consistência, e suas fronteiras, ou seja, os limites de consistência.

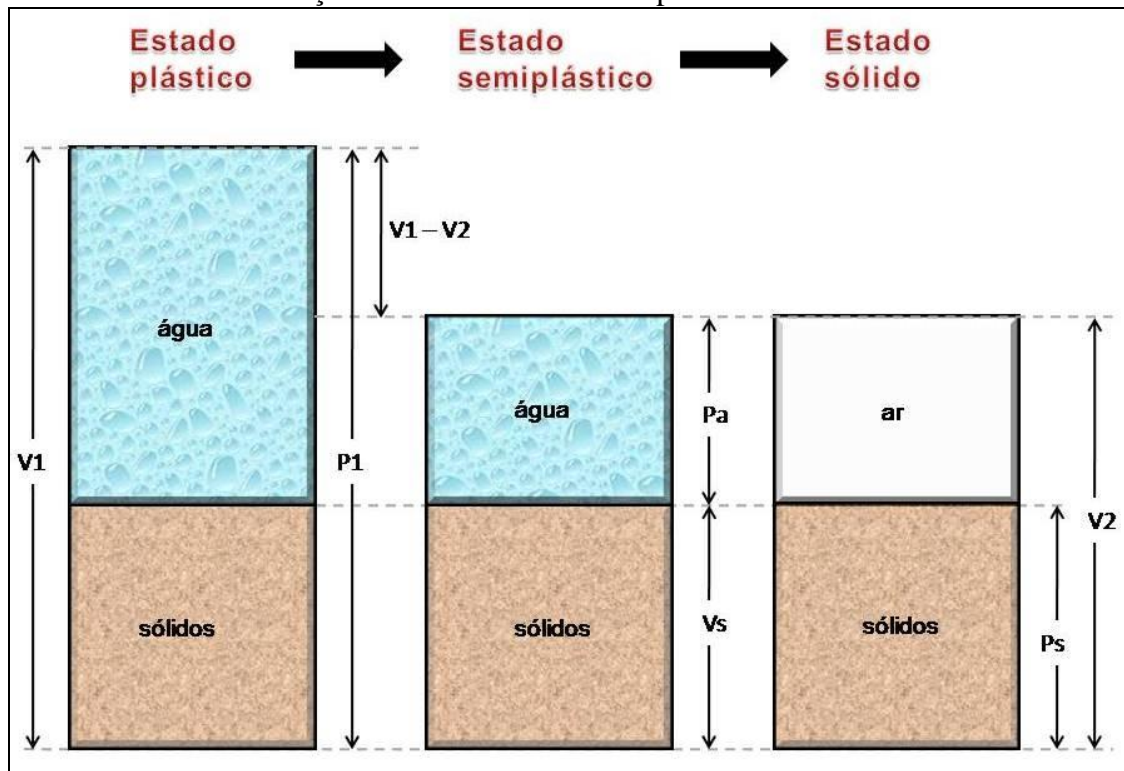
Figura 22 - Estados e limites de consistência



Fonte: Adaptado de Caputo (1983, p. 53)

O limite de liquidez (LL) é, portanto, o teor de umidade de um solo argiloso quando sua consistência está no limite entre os estados líquido e plástico. O limite de plasticidade (LP) é o teor de umidade de um solo quando sua consistência está no limite dos estados plástico e semissólido, ou seja, é a porcentagem de umidade para a qual o solo começa a se fraturar ao se tentar modelar um cilindro de 3mm de diâmetro por 10 cm de comprimento. Quando não é possível determinar o limite de plasticidade, o solo é considerado não plástico. Já o limite de contração (LC) é o teor de umidade do solo que não mais se contrai, ou seja, é o teor de umidade necessário para preencher totalmente os vazios de uma amostra contraída no secamento lento (Figura 23) (FIORI E CARMEGNANI, 2009).

Figura 23 - Representação esquemática dos estados plástico, semissólido e sólido e as relações com as três fases componentes do solo



Fonte: Adaptado de Fiori E Carmegnani (2009, p. 54)

Outro processo que os solos podem sofrer é a compactação, que segundo Caputo (1983) é definida como um processo manual ou mecânico que objetiva a redução do volume de vazios do solo, aumentando sua resistência e tornando-o mais estável quando se fala em obras de engenharia. Porém, a compactação resultante do pisoteio do gado, nas áreas rurais e das trilhas nas unidades de conservação, por exemplo, resultam na diminuição dos espaços porosos entre as partículas do solo, tendo como consequência a diminuição e perda da sua capacidade de absorção das águas pluviais, aumentando assim o escoamento superficial e elevando a susceptibilidade aos processos erosivos (SILVA, 2007).

Interessante salientar que a compactação se refere à expulsão do ar do solo enquanto o adensamento é a expulsão da água do material pedogenético analisado (CAPUTO, 1983). Para Das (2011), a compactação, em termos gerais, é a densificação do solo por meio da remoção de ar com energia/equipamento mecânico (podendo ser equipamentos de laboratórios quando se busca esse índice com ensaios laboratoriais além de maquinário pesado, como rolos compactadores lisos e pé de carneiro e caminho de animais e pessoas). O grau de compactação de um solo é medido com base no peso específico seco e a água, quando adicionada ao solo durante a compactação, atua como um agente de amolecimento de partículas onde essas partículas deslizam umas sobre as outras e se movem para uma posição densamente compactada.

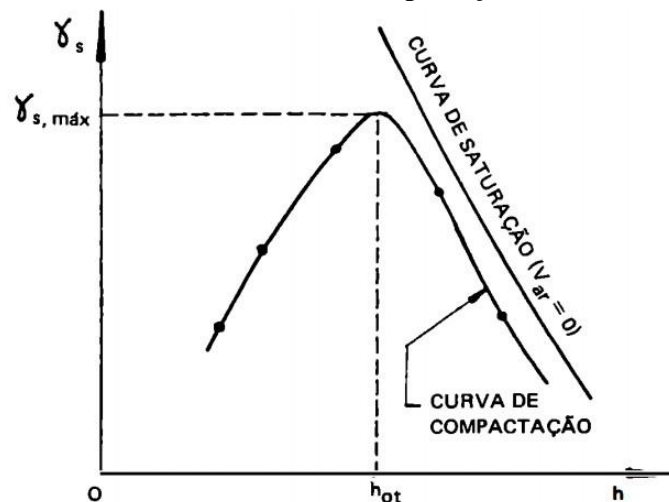
Levando em consideração a água como um importante agente nesse processo, a NBR 6502/1995 entende o ensaio de compactação como a relação entre o teor de umidade e massa específica seca do solo. A água se torna indispensável porque, segundo Pinto (2006), quando se compacta com baixa umidade o atrito entre as partículas é muito alto e não se consegue uma significativa redução dos vazios. Nessa relação entre teor de umidade de compactação do solo ele acrescenta que

[...] a saída do ar é facilitada porque, quando a umidade não é muito elevada, o ar se encontra em forma de canalículos intercomunicados. A redução do atrito pela água e os canalículos de ar permitem uma massa específica maior quando o teor de umidade é maior. A partir de um certo teor de umidade, entretanto, a compactação não consegue mais expulsar o ar dos vazios pois o grau de saturação já é elevado e o ar está ocluso (envolto por água). Há, portanto, para a energia aplicada, um certo teor de umidade, denominado umidade ótima, que conduz a uma massa específica seca máxima, ou uma densidade seca máxima (PINTO, 2006, p. 66).

Quando a compactação é realizada em um solo com diferentes condições de umidade e para uma determinada energia de compactação é possível traçar uma curva de compactação (Gráfico 2) entre a variação dos pesos específicos e a umidade.

Além do teor de umidade, outros fatores importantes que afetam a compactação são o tipo de solo e o esforço de compactação (que é a energia aplicada por unidade de volume) (CRAIG, 2013). Além disso, Pinto (2006) demonstra a relação entre a compactação e o cisalhamento do solo quando essa compactação é feita de acordo com um padrão especificado para obras de engenharia, sendo assim, quanto maior o grau de compactação, maior é a resistência desse solo ao cisalhamento.

Gráfico 2 -Curva de compactação do solo



Fonte: Caputo (1983, p. 173)

Sendo: γ_s - pesos específicos secos
 h - umidade
 $h_{\text{ót}}$ - umidade ótima

Fonte: Caputo (1983)

A resistência ao cisalhamento dos solos está diretamente ligada aos fenômenos de ruptura, ou seja, se a tensão de cisalhamento em uma massa de solo exceder um determinado valor crítico, o solo se rompe (NUNES, 1956; TERZAGHI E PECK, 1962). Para Caputo (1983), a resistência ao cisalhamento do solo é a propriedade dos solos em suportar cargas e conservar sua estabilidade, sendo que toda massa de solo se rompe quando esta resistência é excedida. Esse índice é de grande importância para a mecânica dos solos, visto que ele está diretamente relacionado à estabilidade de taludes (podendo ser aterros, cortes e barragens) e a ruptura do solo pode causar escorregamentos e gerar um colapso nos muros de arrimo, no caso da construção civil (TERZAGHI E PECK, 1962).

A resistência ao cisalhamento é desenvolvida por forças entre as partículas, ou seja, ela se compõe de duas componentes distintas, a coesão e o atrito entre as partículas (CRAIG, 2013; CAPUTO, 1983). Sobre essas forças Caputo (1983) as define da seguinte forma:

Sob a denominação genérica de atrito interno de um solo, inclui-se não só o "atrito físico" entre as partículas, como o "atrito fictício" proveniente do entrosamento de suas partículas; nos solos não existe uma superfície nítida de contato, ao contrário, há uma infinidade de contatos pontuais. Quanto à coesão, distingue-se a "coesão aparente" e a "coesão verdadeira". A primeira resulta da pressão capilar da água contida nos solos, e que age como se fosse uma pressão externa. A segunda é devida às forças eletroquímicas de atração das partículas de argila (CAPUTO, 1983, p. 159).

Sobre essas tensões ao cisalhamento, especificamente nas encostas e paredes de feições erosivas, principalmente voçorocas, Oliveira (1999) apud Alves (2004) afirmam que estas potencializam na remoção do suporte lateral e no colapso de materiais, podendo aumentar a área da feição. É importante frisar que existem outros índices físicos e características que podem ser analisadas com o objetivo de compreender as propriedades dos solos. Nesse caso, as propriedades expostas são suficientes para análise e discussão da mecânica do solo e sua relação com os processos erosivos, juntamente com os ensaios de laboratório de erodibilidade, da quantidade de matéria orgânica e do potencial hidrogeniônico (pH) do solo. Com relação à erodibilidade do solo, sua diferença da erosão de solo e a forma de quantificação, Wischmeier e Smith (1978) apontam que

The meaning of the term "soil erodibility" is distinctly different from that of the term "soil erosion". The rate of soil erosion, A , in the soil loss equation, may be influenced more by land slope, rainstorm characteristics, cover, and management than by inherent properties of the soil. However, some soils erode more readily than others even when all other factors are the same. This difference, caused by properties of the soil itself, is referred to as the soil erodibility. [...] Differences in the natural susceptibilities of soils to erosion are difficult to quantify from field observations. Even a soil with a relatively low erodibility factor may show signs of serious erosion when it occurs on long or steep slopes or in localities with numerous high-intensity rainstorms. A soil with a high natural erodibility factor, on the other hand, may show little evidence of actual erosion under gentle rainfall when it occurs on short and gentle slopes, or when the best possible management is practiced. [...] Therefore, the soil erodibility factor, K , must be evaluated independently of the effects of the other factors (WISCHMEIER E SMITH, 1978, p. 8).

Ou seja, a taxa de erosão é mais influenciada pela declividade do terreno, pelas quantidades e distribuição das chuvas e pelas características e usos da vertente, do que especificamente pelas propriedades inerentes do solo. Já a erodibilidade deve ser avaliada de forma independente dos efeitos desses fatores mencionados, levando em consideração apenas as propriedades do próprio solo. Isso quer dizer que alguns solos são erodidos mais rapidamente do que outros mesmo quando todos os fatores atuam em uma mesma intensidade, sendo essa diferença causada pelas propriedades específicas do solo a referida erodibilidade.

Wischmeier e Smith (1978) acrescentam ainda que as diferenças entre as susceptibilidades naturais dos solos à erosão são difíceis de quantificar em campo porque mesmo um solo com fator baixo de erodibilidade pode mostrar sinais de erosão grave quando ocorre em vertentes íngremes e/ou longas ou em localidades com alta intensidade de chuvas. A recíproca também se mostra verdadeira, ou seja, um solo com um alto fator de erodibilidade

natural pode mostrar pouca evidência de erosão real por estar em uma área sob *gentlerainfall* (chuva gentil) em vertentes curtas e suaves ou quando há uma boa gestão da área.

Para Arraes et al. (2010), são basicamente três métodos mais utilizados para se determinar a erodibilidade do solo. O primeiro é a determinação do fator K em condições de campo, sob chuva natural. O segundo baseia-se na quantificação do fator K em razão das perdas de solo e do fator erosividade sob condições de chuva simulada e o terceiro baseia-se em regressões múltiplas que contenham como variáveis independentes atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo. Entre os métodos indiretos de obtenção desse valor, nesse caso, será destacado o método aplicado por Silva (2007) na cabeceira do Córrego Campo Alegre no município de Uberlândia-MG partindo da proposta de Wischmeier e Smith (1978) que propõe o uso de um nomograma para determinação desse valor, construído com base na equação e levando em consideração cinco parâmetros independentes do solo.

$$K = \frac{2,1M^{1,14}10^{-4}(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)}{100} \quad (12)$$

Sendo:

- K - índice de erodibilidade do solo
- a - % de matéria orgânica
- b - classe de estrutura do solo
- c - classe de permeabilidade do solo
- M - parâmetro que representa a textura do solo dado em %, ou seja,
 $M = (\% \text{ silte} + \% \text{ areia muito fina}) \times (100 - \% \text{ argila})$

Fonte: Wischmeier e Smith (1978, p. 10)

O parâmetro estrutura do solo é dividido em classes (Quadro 7) para que o valor possa ser substituído na fórmula que determina o fator K (índice de erodibilidade).

Quadro 7 - Classes de estruturas do solo

Classes	Descrição
1	Granular muito fina (< 1 mm)
2	Granular fina (1 - 2 mm)
3	Granular grosseira (> 2 mm)
4	Em blocos, massas ou placas

Fonte: Silva (2007, p. 16)

Assim como a estrutura, a permeabilidade também deve ser dividida em classes para ser utilizada na fórmula (Quadro 8), ou seja, a velocidade em que a água escoar através do solo deve ser medida e categorizada em uma das seis classes existentes para esse parâmetro.

Quadro 8 - Classes de permeabilidade

Classes	Nomenclatura	Permeabilidade (mm/h)
1	Muito lenta	< 5
2	Lenta	5 - 20
3	Moderadamente lenta	20 - 63,5
4	Moderada	63,5 - 127
5	Moderadamente rápida	127 - 254
6	Rápida	> 254

Fonte: Adaptado de Silva (2007, p. 16)

Após os cálculos de determinação do fator K, os resultados podem ser analisados com base no estudo de Carvalho (1994) apud Silva (2007) visto que ele dividiu os índices de erodibilidade do solo com base nos intervalos de valor de K (Quadro 9). Assim sendo, a erodibilidade do solo pode ser definida em baixa, média e alta, dependendo do valor resultante dos cálculos.

Quadro 9 - Classes de interpretação do valores de K

Classes de Interpretação	Intervalos de valores de K (t.ha.h/MJ.mm.ha)
Erodibilidade baixa	$K < 0,0198$
Erodibilidade média	$0,0198 < K < 0,040$
Erodibilidade alta	$K > 0,040$

Fonte: Silva (2007, p. 106)

Em relação à matéria orgânica presente no solo, Bunting (1971) afirma que ela é relevante nos estudos de solo porque certa porção de C (carbono), N (nitrogênio), O (oxigênio) e H (hidrogênio) existente no solo é proveniente da chamada biomassa (matéria viva produzida pelos vegetais). Para Bertoni e Lombardi Neto (1999) a decomposição da vegetação é a principal responsável pelo aumento de matéria orgânica e húmus no solo, melhorando nele os índices de porosidade e a capacidade de retenção de água.

Se tratando da relação entre a matéria orgânica e erosão, Silva (2007) fala que a quantificação da matéria orgânica é fundamental para os estudos de erosão de solos, visto que

ela influencia nas propriedades de absorção e retenção de água, como já mencionado, e na plasticidade do material. Ainda nesse sentido, Bertoni e Lombardi Neto (1999) salientam que

A quantidade de matéria orgânica no solo é de grande importância no controle da erosão. Nos solos argilosos, modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água, o que é explicado pelas expansões e contrações alternadas que redundam de seu umedecimento e secamento sucessivos. Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção de água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, do que resulta uma diminuição nas perdas por erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999, p. 62).

O potencial hidrogeniônico (pH) está diretamente ligado à quantidade de material orgânico no solo. Para Guerra (2005) apud Silva (2007) o pH tem uma função determinante no solo porque, por exemplo, um solo ácido possui maior concentração de microorganismos e conseqüentemente, há uma aumento do conteúdo orgânico do material, característica essa que diminui a erodibilidade.

Como síntese é preciso compreender que a erosão não é a mesma em todos os solos. São as propriedades físicas, juntamente com a mecânica do solo e as características químicas e biológicas que exercem diferentes influências na erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999). Ou seja, são essas condições físicas e químicas e as características e/ou intensidade de elementos como topografia, chuva e cobertura vegetal que vão conferir maior ou menor resistência à ação das chuvas, por exemplo. É nesse sentido que se torna importante compreender como ocorre o processo erosivo, quais os fatores que influenciam nesse processo e quais as principais feições erosivas resultantes.

Apesar de existirem esse grande número de índices e propriedades físicas do solo, nesse estudo, em específico, foram considerados e analisados a granulometria, o peso específico aparente seco, a umidade gravimétrica, a densidade de partículas, a umidade ótima e massa específica máxima a partir da curva de compactação e a curva de saturação. Além desses ensaios físicos, foram feitas duas análises químicas das amostras, sendo o pH e a matéria orgânica. Considerou-se esses ensaios suficientes para análise e discussão das características do solo e sua relação com os processos e feições erosivas.

1.3 - Processos e feições erosivas

Para Zachar (1982), o termo erosão é proveniente do latim, derivado do verbo erodere, que quer dizer comer, escavar. Esse termo foi utilizado pela primeira vez na geologia por

Penck em 1894 enquanto ele descrevia a formação de "occos por água", ou seja, enquanto ele estudava o desgaste do material sólido pela ação das águas dos rios. Ainda para Zachar (1982),

[...]Most authors include within the term erosion only that destruction of the soil that is caused by abiotic factors, the activity of which is attributable to mechanical action, i.e. kinetic energy. Applying broader criteria, this type of erosion may be called mechanical erosion, i.e. corrosion. But erosion also includes chemical action which is connected also with the mechanical action of water. This type of erosion may be referred to as chemical erosion, i.e. corrosion (ZACHAR, 1982, p. 17).

Além de haver a erosão mecânica e a erosão química, a erosão do solo pode ser dividida em normal e acelerada. A primeira é definida como o processo que ocorre na superfície terrestre, refletindo uma condição natural de equilíbrio ou como parte do ciclo geológico. A segunda é o processo resultante da quebra desse estado de equilíbrio, causado pelo aumento significativo da remoção dos materiais geológicos e pode ser natural ou antrópica (BENNETT, 1939 apud ZACHAR, 1982).

Nesse sentido, a erosão não se trata apenas de um processo degradativo do solo, pois este também faz parte da dinâmica natural de esculturação do relevo. Para Lepsch (2010, p. 183-184) os “[...] rios, os ventos, as geleiras e as enxurradas das chuvas, deslocam, transportam e depositam continuamente as partículas do solo. Esse dinamismo é denominado erosão geológica ou erosão natural”. O processo de erosão é um fenômeno que existe a milhões de anos, antecedendo o aparecimento do homem na Terra e tem grande impacto na formação do modelado da superfície terrestre, dos solos e das rochas sedimentares (WEILL E NETO, 2007). Para Suguíu (1998) o termo erosão se refere a um:

Conjunto de processos que atuam na superfície terrestre, levando à remoção de materiais minerais e rochas decompostas. Quando a água constitui o agente essencial o processo de dissolução torna-se muito importante. Os principais agentes de remoção física e transporte durante os processos de erosão são os seguintes: eólico, fluvial, marinho e glacial (SUGUIO, 1998, p. 276).

Nas regiões tropicais ou subtropicais úmidas, os processos erosivos são provocados principalmente pela ação das chuvas (erosão hídrica) combinada com o uso e ocupação do solo tanto na área rural, com o desmatamento para o cultivo agrícola e pastagens, quanto na área urbana com a formação e expansão dos núcleos urbanos, principalmente quando esse processo ocorre de maneira desordenada e inadequada (FERREIRA, 2004). Além da erosão

normal e acelerada, Guerra e Guerra (2008) faz uma classificação mais detalhada sobre os tipos de erosão e seus principais agentes.

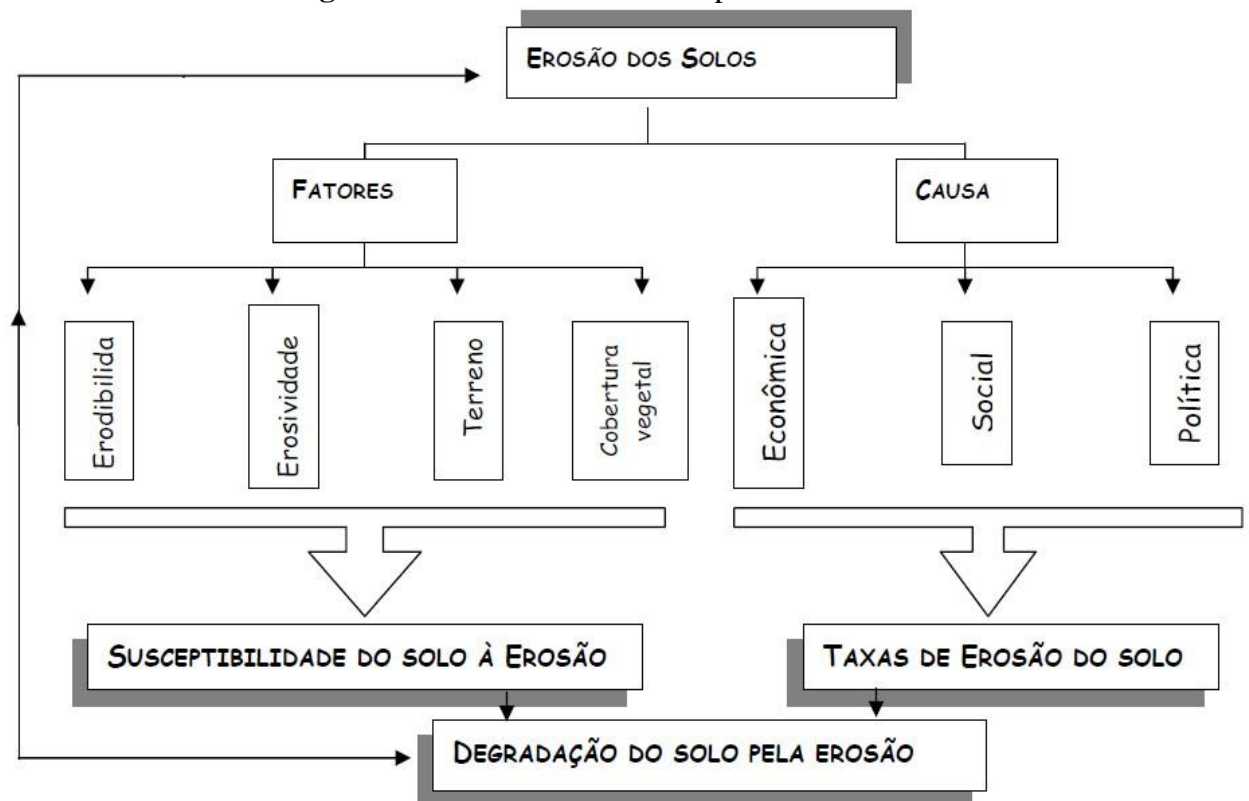
- Erosão Acelerada é o mesmo que erosão antropogenética ou antrópica. Realizada na superfície terrestre pela intervenção humana, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É o aceleramento da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamentos, cortes de barrancos em estradas, etc.
- Erosão Diferencial é a realização do trabalho desigual dos agentes erosivos ao devastarem a superfície do relevo. Há rochas que resistem mais a um determinado tipo de erosão, e outras menos, da mesma maneira há certos acidentes produzidos pela tectônica, como fraturamento, que favorecem o trabalho de certos agentes de erosão. Esse jogo de resistência desigual, oposto pelas rochas aos agentes erosivos, constitui a erosão diferencial.
- Erosão Elementar é o conjunto de fatores que concorrem lentamente nas transformações da paisagem. Pode-se agrupá-las nos seguintes processos: variação da temperatura - amplitudes térmicas têm grande importância na fragmentação das rochas; desagregação mecânica - esfoliação das rochas dando pães-de-açúcar (granitos e gnaisses do Rio de Janeiro e Espírito Santo); gelo e degelo - decomposição química reduz a fragmentos menores os produtos desagregados pelos agentes mecânicos. A erosão elementar é também conhecida como meteorização ou intemperismo.
- Erosão em Lençol ou Laminar é a erosão causada pelo escoamento em lençol. Não há escoamento de fluxos em ravinas, neste estágio do escoamento que é difuso.
- Erosão Espasmódica refere-se a erosão que age de modo intermitente e com grande violência. Como exemplo pode citar a erosão produzida pelas torrentes, cujo regime é espasmódico, isto é, intermitente. Esta nomenclatura é pouco utilizada por certos autores.
- Erosão Fluvial ou Linear é o trabalho contínuo das águas correntes na superfície do globo terrestre, é também chamada de erosão normal pelos geomorfólogos nas regiões temperadas. Os geólogos chamam de erosão natural ou erosão geológica. Para os morfologistas europeus, ela é restrita apenas ao trabalho de modelagem do relevo, feito pelos rios. Os geólogos dão um sentido mais amplo considerando todos os efeitos dinâmicos exógenos de gliptogênese, em que o homem não tenha interferência, como erosão geológica. A erosão fluvial é de grande importância para os morfologistas, pois o estudo da rede hidrográfica pode, muitas vezes, tirar conclusões de ordem morfológica.
- Erosão Geológica ou Natural é realizada normalmente pelos diversos agentes erosivos sem que haja a intervenção do homem, acelerando o trabalho de destruição e construção feito por estes agentes.
- Erosão Pluvial ou Pluvierosão é o trabalho executado pelas águas das chuvas na superfície do relevo. A ação das chuvas será tanto mais importante quanto maior for a quantidade precipitada no espaço mínimo de tempo (GUERRA E GUERRA, 2008)

Owoputi e Stole (2001) apud Ferreira (2004) apontam duas categorias de fatores que afetam o processo erosivo, sendo os fatores erosivos (ligados aos agentes causadores: chuva e escoamento superficial) e os fatores relacionados à erodibilidade do solo (densidade, coesão,

tamanho das partículas e condutividade hidráulica). O fluxograma 3 apresenta a relação desses fatores e as causas dos processos erosivos. Deve se levar em consideração também que a ação do homem é um dos principais fatores para o desequilíbrio do meio, acelerando os processos erosivos, o que será discutido mais a frente.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) consideram a erosão como um produto da interação de forças ativas como as características das chuvas, a infiltração (capacidade do solo em absorver água), a topografia do terreno (declividade e comprimento da rampa), e de forças passivas como a cobertura vegetal e a natureza do solo (resistência a abrasão da água). Segundo Lepsch (2010), a maior ou menor suscetibilidade de um terreno à erosão depende de uma série de fatores, dos quais quatro são considerados os principais: o clima, o tipo de solo, a declividade do terreno e o tipo de manejo agrícola.

Fluxograma 3 - Fatores e causas do processos erosivos



Fonte: Ferreira (2004)

Para Bacellar (2000) são os fatores geológicos (litológicos e estruturais), geomorfológicos, pedológicos, climáticos, biológicos e antrópicos que condicionam o processo erosivo. Já para Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998) a formação de erosão está diretamente ligada a dois conjuntos de fatores ou condicionantes, os fatores naturais e os fatores antrópicos. Os primeiros determinam a intensidade dos processos, levando em

consideração as características das chuvas, do relevo, da cobertura vegetal, do solo e do substrato rochoso. Já os segundos referem-se as mais variadas formas de uso e ocupação do solo (urbanização, áreas agrícolas) e ao desmatamento.

Segundo Feres (2002), no seu estudo sobre os processos de erosão na bacia do rio Bonito em Descalvado -SP, este enfatizou que apesar da causa principal para o surgimento dos problemas de erosão estar nas atividades humanas, o fenômeno é causado por fatores naturais, classificados em extrínsecos e intrínsecos. O primeiro se refere aos elementos geomorfológicos, climáticos e biótico-vegetativo. Já o segundo se refere às características dos solos e do substrato rochoso.

Se tratando dos fatores extrínsecos, especificamente os aspectos geomorfológicos, Rodrigues (2002) apud Silva (2007) coloca que a geomorfologia constitui um elemento essencial para análise do ambiente físico porque as variedades das formas na superfície revelam os processos morfodinâmicos que nele atuam e continuam atuando. Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), a topografia do terreno, representada pela declividade e pelo comprimento de rampa exerce elevada influência sobre a erosão. Com relação à declividade do terreno, Lepsch (2010) faz sua relação com a velocidade do escoamento e o arraste de partículas.

[...] A declividade, ou inclinação do terreno, influencia muito na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e, em consequência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo. Nos terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água escoar em velocidade baixa, e, além de possuir menos energia, tem mais tempo para se infiltrar; nos terrenos muito inclinados, a resistência ao escoamento das águas é menor e, por isso, elas atingem maiores velocidades. As regiões montanhosas são, assim, as mais suscetíveis à erosão hídrica (LEPSCH, 2010, p. 195).

A declividade da vertente fornece a medida da inclinação do relevo em relação ao plano do horizonte em graus ou porcentagem. A velocidade de deslocamento de material e, portanto, a capacidade de transporte de massas sólidas e líquidas é diretamente proporcional à declividade (SILVA, 2007). Ainda, de acordo com Ross (2000), a declividade é a informação básica de topografia utilizada nas metodologias de identificação de áreas potenciais ao processo de erosão e nos sistemas de avaliação do planejamento e uso da terra. As classes de declividade, proposta por Ross (2000) por meio da análise empírica da fragilidade do relevo podem ser visualizadas no Quadro 10.

Quadro 10 - Classes de declividade

Classes	Porcentagem/Inclinação (%)
Muito Fraca	até 6%
Fraca	de 6% a 12%
Média	de 12% a 20%
Forte	De 20 a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

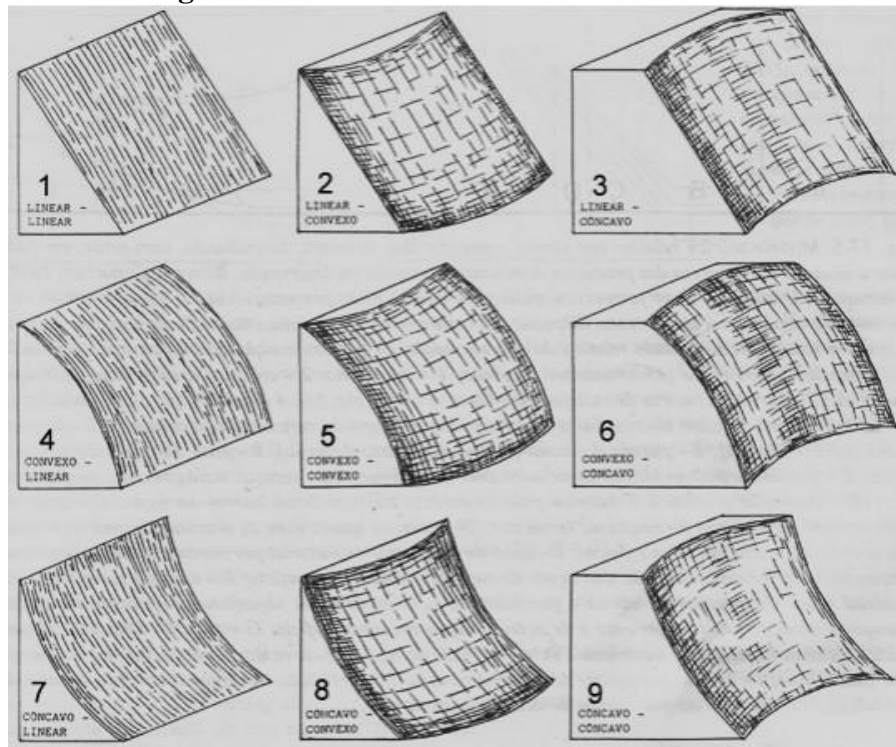
Fonte: Ross (2000), p. 319

O comprimento de rampa, um segundo elemento da topografia do terreno também é de grande importância quando se fala em processo erosivo e, portanto, não menos importante que o declive. Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão se avolumando proporcionalmente como também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente, ou seja, quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula e maior a erosão.

Nesse sentido, as formas das encostas também podem ser consideradas como um dos fatores do meio físico que influenciam na ocorrência de processos erosivos, conforme o trabalho de Xu (1996). A classificação dessas formas utiliza uma análise tridimensional da encosta, considerando sua forma no comprimento e largura e a classificação se dá levando em consideração as características laterais e longitudinais da encosta nos tipos linear (L), convexo (V) e côncavo (C). A Figura 24 apresenta as combinações possíveis para os tipos de vertentes.

Na Figura 24, então, temos a vertente 1, caracterizada como uma forma simples linear-linear (LL). Um grupo composto pelas vertentes 2 (linear-convexo), 3 (linear-côncavo), 4 (convexo-linear) e 7 (côncavo-linear) que tem formas lineares em uma dimensão e curvas na outra dimensão. E por fim um grupo com formas mais complexas, apresentando curvatura dupla e composto pelas vertentes 5 (convexo-convexo), 6 (convexo-côncavo), 8 (côncavo-convexo) e 9 (côncavo-côncavo).

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), são quatro as formas do declive que influenciam nos processos erosivos: côncavo, convexo, homogêneo ou deformado. "Os efeitos do declive côncavo e convexo, nas perdas por erosão, não estão ainda bem avaliados. Esse fator é frequentemente negligenciado em vista da divergência de resultados encontrados pelos pesquisadores" (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999, p. 58). Feres (2002), na sua discussão sobre as formas das encostas e a equação de erosão proposta por Vilar (1989), conclui que um perfil de forma convexa tende a perder mais solo em relação a um perfil linear (retilíneo) e este apresenta maiores perdas que um perfil côncavo.

Figura 24 - Geometria das formas das vertentes

Fonte: Sopchaki e Sampaio (2013) baseado em Ruhe (1975)

Outro elemento extrínseco ligado à erosão é o climático. Para Lepsch (2010), os fatores principais do clima, quando se analisa a erosão do solo, são a intensidade, a quantidade e a distribuição das chuvas porque para ele as "chuvas mais erosivas" são aquelas que acontecem com grandes quantidades de água caindo em períodos curtos de tempo.

Segundo Guerra e Cunha (1996), as chuvas representam o principal elemento climático altamente relacionado aos desequilíbrios que se registram na paisagem das encostas. Isso porque a variação espacial da intensidade das precipitações, associada à sua frequência são os fatores primordiais a serem avaliados em situações críticas, sendo assim, a associação de chuvas concentradas, espesso manto de intemperismo e desmatamento podem gerar áreas de potenciais de erosão e de movimentos de massa, fornecedoras de sedimentos para os leitos fluviais.

CERH (1990 apud Feres, 2002) explica que a chuva prova uma maior ou menor aceleração do processo erosivo, sendo que as chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo, iniciada pelo efeito *splash*, que será apresentado mais a frente. São durante esses eventos que a aceleração da erosão é máxima, fazendo com que ravinas e voçorocas ativas avancem de maneira extremamente rápida, carregando grande quantidade de solo.

Bacellar (2000), ao estudar os condicionantes dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá em Ouro Preto (MG) enfatiza que o clima exerce uma influência direta no processo de erosão, afetando de forma direta o potencial de erosividade dos fluxos superficiais e subsuperficiais e de forma indireta quando ele modifica, no tempo geológico, a erodibilidade dos materiais. Mas, "[...] antes de se procurar estabelecer a importância do clima na erosão, deve-se investigar quais os processo erosivos atuantes, determinando-se as rotas preferenciais do fluxo de água" (BACELLAR, 2000, p. 31).

Os totais pluviométricos anuais tem pouca importância no desencadeamento dos processos erosivos, se comparado a erosividade da chuva, que é o conjunto das características da gota de chuva (tamanho, velocidade de queda, momento e energia cinética) associada com as características da chuva (intensidade, duração e frequência) (PRUSKI et al., 2006). Morgan (1996 apud Sousa, 2010), nesse mesmo sentido, destaca que a principal característica das chuvas em provocar perdas de solo é a intensidade e que a erosão está associada a dois tipos de eventos pluviométricos. O primeiro se refere a eventos muito intensos e breves que excedem a capacidade de infiltração do solo, iniciando o escoamento superficial e o segundo, em oposição ao primeiro, corresponde a eventos de baixa intensidade e duradouros, que saturam o solo dando início também ao escoamento superficial da água.

Por fim, o último fator extrínseco relacionado à erosão é o biótico-vegetativo. Para Cerdà (2001), a vegetação tem uma dupla finalidade com relação aos fatores naturais que alteram os processos erosivos, uma é a de defender o solo contra a ação da gota de chuva e a outra é de melhorar a porosidade do solo, aumentando a infiltração.

La cobertura del suelo determina las tasas de erosión al reducir el impacto de las gotas de lluvia y facilitar la infiltración. Además, una vez originada la escorrentía superficial, esta cubierta será la que reduzca la velocidad de la arroyada y su capacidad erosiva, favoreciendo con ello la infiltración. La vegetación es la cubierta más eficiente, ya que [...] favorece la mejora de la porosidad del suelo, aumenta su materia orgánica, estabiliza los agregados, etc. (CERDÀ, 2001, p. 6).

Assim, a cobertura vegetal tem um forte papel nos processos erosivos por meio da sua capacidade de interceptar as águas provenientes das chuvas (GUERRA et al., 1995). Isso porque a vegetação, de maneira geral, intercepta as águas pluviais reduzindo a energia cinética das gotas de chuva e aumentando a infiltração e, além disso, a presença de cobertura vegetal no solo, viva ou morta, evita a formação de crosta e, conseqüentemente, diminui o escoamento superficial (NISHIYAMA, 1998; SILVA, 2007).

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno, agindo em cinco pontos distintos contra a erosão, sendo eles: (a) a proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, visto que quando esta cai em um terreno coberto por vegetação densa, a gota se divide em inúmeras gotículas, diminuindo a força do impacto no solo; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando sua capacidade de retenção e (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada.

De forma complementar, os fatores intrínsecos relacionados ao fenômeno de erosão são as características dos solos e do substrato rochoso. Esses elementos são importantes porque os fatores extrínsecos, anteriormente descritos não produzem os mesmos efeitos em todos os solos porque as condições físicas e químicas dos terrenos lhes dá maior ou menor resistência à ação da água. São esses fatores intrínsecos que caracterizam o comportamento de cada solo quando expostos a condições similares de declividade, chuva e cobertura vegetal (FERES, 2002).

Segundo Mafra (2012), os solos possuem diferentes vulnerabilidades à erosão e isso depende diretamente de características como textura, estrutura, consistência, conteúdo de matéria orgânica, desenvolvimento do perfil de solo, entre outros. Já para Bertoni e Lombardi Neto (1999) os elementos físicos (estrutura, textura, permeabilidade e densidade) juntamente com as características químicas e biológicas do solo são os fatores que exercem diferentes influências na erosão.

Lepsch (2010) salienta que alguns solos são mais suscetíveis à erosão do que outros, de acordo com suas características físicas, como textura, permeabilidade e profundidade. Solos com textura arenosa e siltosa são mais facilmente erodidos. Os solos arenosos e siltosos, com espaços porosos grandes podem absorver toda a água de uma chuva de pouca intensidade, mas uma pequena quantidade de enxurrada pode arrastar grande quantidade de solo devido a baixa proporção de partículas argilosas que atuam como uma lição entre as partículas maiores. Já nos solos argilosos, os poros são menores, mas a coesão entre as partículas são maiores, aumentando a resistência a erosão (MAFRA, 2012; BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999; SALOMÃO, 2012; LEPSCH, 2010).

A estrutura ou o modo como as partículas estão organizadas entre si no perfil do solo é primordial na determinação da erodibilidade dos solos porque essa característica interfere na capacidade de infiltração e redistribuição das águas das chuvas e no arraste de partículas

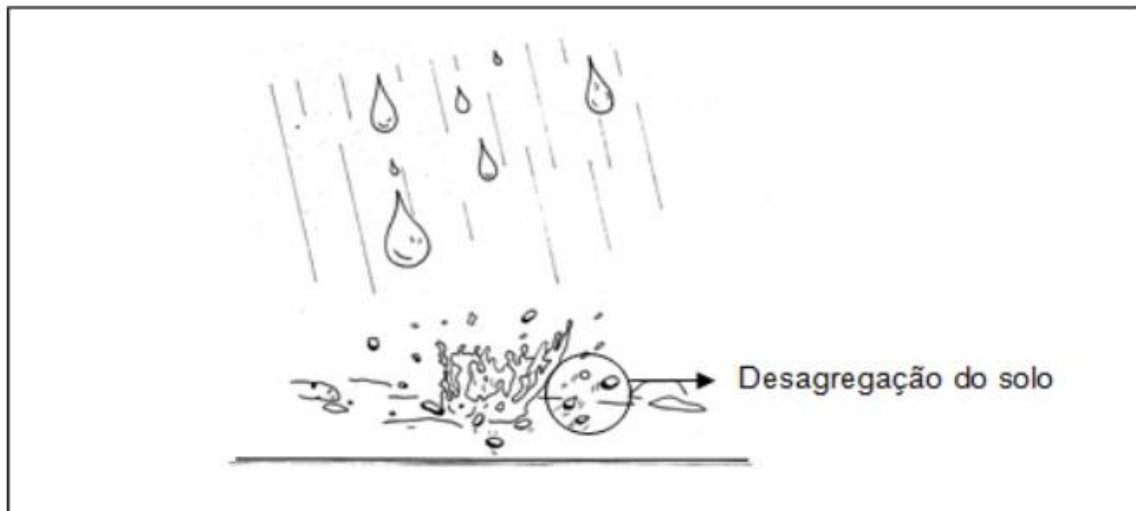
(INFANTI JR. E FORNASARI FILHO, 1998). Outro aspecto dos solos a ser considerado em relação aos processos erosivos é a profundidade/espessura. Nesse sentido, para Salomão (2012) e Lepsch (2010) os solos rasos tendem a ser mais suscetíveis a erosão do que os solos mais profundos porque após a saturação do perfil a água começa a escoar superficialmente pelo terreno, aumentando as chances de arraste e transporte das partículas. Mas, por outro lado, os solos profundos quando submetidos a intenso escoamento (superficial e/ou subsuperficial) pode desencadear feições erosivas de grande porte, como ravinas e voçorocas (SOUSA, 2010).

Para Salomão (2012), as características mineralógicas, químicas e biológicas dos solos interferem no estado de agregação das partículas, resultando em um solo com maior ou menor resistência a erosão. Ainda segundo esse autor, solos com elevado teor de matéria orgânica são mais estáveis em água por apresentarem boa porosidade e elevada agregação e coesão entre as partículas e, por isso, são resistentes aos processos erosivos.

Como o objetivo dessa pesquisa consistiu em compreender como se formou as incisões resultantes do processo de erosão hídrica dentro de uma Unidade de Conservação municipal, torna-se fundamental entender a dinâmica do processo erosivo da chuva desde o destacamento de partículas pela gota de chuva até o transporte de sedimentos pelo fluxo do escoamento.

Segundo Ellison (1947 apud Feres, 2002) a dinâmica do processo erosivo pela ação da chuva pode ser esquematizado em quatro sub-processos, sendo (a) o destacamento de partículas pelas gotas de chuva; (b) o transporte do sedimento pela gota; (c) o destacamento pelo fluxo superficial da água e (d) o transporte pelo fluxo. Além desses sub-processos é importante destacar que o impacto da gota na superfície do solo também pode provocar a compactação e, conseqüentemente, o selamento dos poros, aumentando o escoamento superficial.

De forma mais específica, tem-se no início do processo erosivo a erosão por salpico, em que o impacto das gotas de chuva desagregam as partículas do solo em tamanhos menores ocorrendo o transporte por esse salpicamento (efeito *splash*), preparando as partículas que compõem o solo para serem transportadas pelo escoamento superficial (GUERRA, 2012). Essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas, o que pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 - Erosão por salpicamento ou splash

Fonte: Fernandes (2011, p. 18)

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), as gotas de chuva que caem no solo são um agente que contribui para o processo erosivo por pelo menos três formas: (a) desprendimento das partículas de solo no local que sofre o impacto; (b) transporte, por salpicamento, dessas partículas desprendidas e (c) aplicação de energia, em forma de turbulência, a água superficial de escoamento. Por isso é importante determinar a distância que a gota deve percorrer em sua queda para alcançar sua velocidade terminal. Nesse sentido, Laws (1941, apud Bertoni e Lombardi Neto, 1999), por meio do método fotográfico conseguiu medir a altura que as gotas de chuvas de diferentes diâmetros precisavam para obter 95% da sua velocidade terminal (Quadro 11).

Quadro 11 - Velocidade terminal de gotas de chuva de vários diâmetros

Diâmetro da gota de chuva (mm)	Velocidade terminal (m/s)	Altura da queda com a qual a gota de água adquire 95% de sua velocidade terminal (m)
1	4,0	2,2
2	6,5	5,0
3	8,1	7,2
4	8,8	7,8
5	9,1	7,6
6	9,3	7,2

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 48)

Com a análise dos dados do Quadro 11, conclui-se que a velocidade aumenta com o tamanho da gota e com a altura da queda. Essa velocidade atinge um máximo quando a gota, de 5 mm de diâmetro, cai de uma altura aproximada de 8 metros. As gotas menores adquirem mais rapidamente sua velocidade terminal. Sobre a relação da cobertura vegetal (altura das árvores, nesse caso) e a energia cinética da gota, Bertoni e Lombardi Neto (1999) salientam que

[...] Uma gota de chuva que cai de uma árvore não diminui sua velocidade de queda ao solo, pois atinge outra vez sua velocidade terminal. Contudo, como essa gota se une a outras, aumentando, portanto, o seu tamanho, a velocidade, por conseguinte, é maior quando as gotas caem de árvores de 7 a 8 metros de altura do que quando caem livremente. Realmente, ao aumentar o diâmetro, a gota de chuva também aumenta a velocidade de queda. A energia cinética de um corpo que se move varia em função do quadrado da velocidade; apesar de o aumento de velocidade não ser muito grande, ele representa um grande aumento na energia cinética das gotas de chuva que golpeiam o solo (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999, p. 49).

Essas partículas desagregadas podem preencher os poros, resultando na compactação do solo pela formação de crostas (*crusts*), diminuindo a porosidade e, conseqüentemente, a infiltração. A partir desse momento começam a se formar as poças (*ponds*) nas irregularidades existentes no topo do solo e quando essas poças se rompem, inicia-se o escoamento superficial, que pode atingir altas velocidades e é capaz de retirar e transportar sedimentos (GUERRA & MENDONÇA, 2004; GUERRA, 2012; FERNANDES, 2011). Esse escoamento pode ser classificado em difuso, linear e laminar.

No escoamento difuso a água percorre em filetes anastomosados no terreno com cobertura vegetal. O escoamento linear é gerado quando as águas pluviais se concentram em canais e o escoamento laminar é caracterizado pelo escoamento em forma de lâmina sobre uma superfície desprovida de vegetação, tal evento ocorre porque no momento em que o solo está saturado, a água tende a se deslocar para áreas a jusante devido à força da gravidade (ROSSATO et al., 2003; GUERRA, 2012).

Os tipos de erosão hídrica ou feições erosivas são discutidos por vários autores (Lepsch, 2010; Bertoni e Lombardi Neto, 1999; Bacellar, 2000; Oliveira, 2012; Feres, 2002; Ferreira, 2004; Silva, 2007), entre outros. Eles podem ser classificados em erosão laminar ou superficial; erosão em sulcos e ravinas e erosão em voçorocas.

A erosão laminar (Figura 26) é caracterizada pela perda em lâminas de material do solo, causada pelas enxurradas, que destacam e carregam as partículas de forma uniforme e suave por toda a extensão da encosta. Ela remove inicialmente as partículas mais leves, como as argilas e a matéria orgânica. Importante salientar que esse tipo de erosão é um dos mais

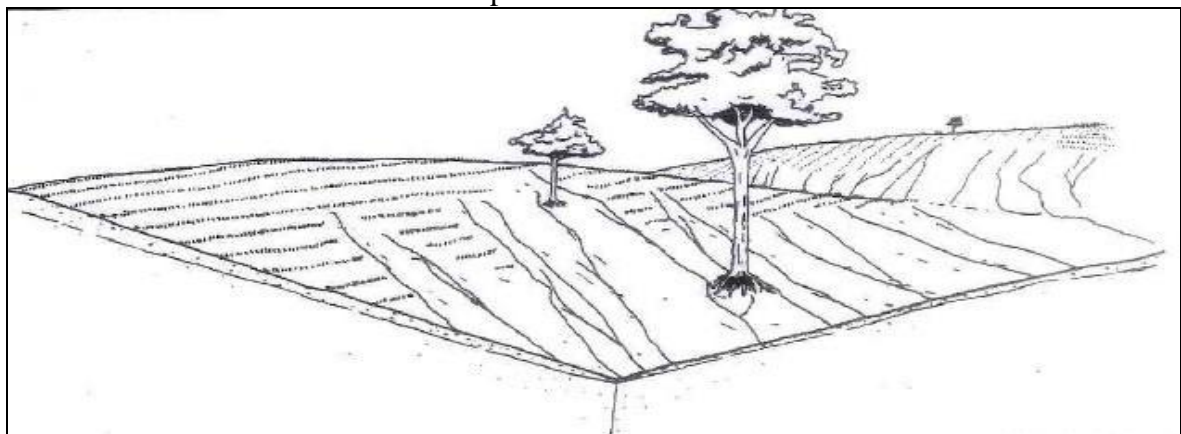
perigosos porque muitas vezes é difícil de observar, pelo fato do conjunto água-solo escorrer ao longo dos declives de forma laminar e retirar camadas sucessivas de solo, o que pode resultar na diminuição da sua fertilidade (FERES, 2002; SILVA, 2004). Segundo Bacellar (2000), é possível reconhecer a erosão laminar através de quatro indicadores:

- a exposição na superfície do terreno de raízes de plantas;
- a visualização da remoção dos horizontes orgânicos superficiais (horizonte A, O e H); sobreposição destes horizontes por colúvios provenientes de erosão remontante;
- áreas com inexistência ou deficiência de vegetação, devido à remoção destes horizontes, em regiões sem deficiências nutricionais ou de umidade;
- assoreamento recente de canais de drenagem.

Ainda, para esse mesmo autor, o poder erosivo do fluxo laminar aumenta com a profundidade e a velocidade da lâmina d'água, atingindo caráter turbulento, podendo iniciar a erosão em canais.

A erosão em canais pode ser subdividida em três tipos básicos, sendo eles sulcos, ravinas e voçorocas. A erosão em sulcos (Figura 26), para Lepsch (2010), resulta de irregularidades na superfície do solo devido à concentração de enxurrada em determinados locais, ou seja, são incisões que se formam nos solos em função do escoamento concentrado (SILVA, 2004). O termo sulco é utilizado quando se pode recuperar a área degradada pela erosão por meio de procedimentos normais de preparo do solo (MORGAN, 2005). Para Ferreira (2004) a erosão em sulco é caracterizada por pequenas incisões na superfície terrestre com formato de filetes rasos, apresentando profundidade e largura inferiores a 50 centímetros e, geralmente está associada a trilhas de gado e em locais de solo exposto devido à movimentação de terra.

Figura 26 - Erosão por escoamento laminar e escoamento concentrado, formando sulcos na superfície do terreno



Fonte: SILVA (2007, p. 20)

Ainda segundo Ferreira (2004) há a erosão em ravina que se caracteriza por ser formada essencialmente pelo escoamento superficial que transporta o material desprendido e apresenta forma retilínea, alongada, estreita e com profundidade maior que 50 centímetros. Essas feições raramente se ramificam e não chegam a atingir o nível freático (Figura 27). Para Guerra e Cunha (1995), as ravinas se formam quando a velocidade do fluxo superficial de água na encosta aumenta e, quase sempre, são iniciadas a uma distância do topo da vertente (próxima a base) onde o escoamento se torna canalizado e que podem recuar em direção ao topo. Como os sulcos e as ravinas não estão associadas ao lençol freático, geralmente estes estão desconectados da rede de drenagem (BACELLAR, 2000).

Figura 27 - Erosão em ravinas



Autor: BRAGHIROLI, T. L. P. (2016)

Com o aprofundamento das ravinas, interceptando o nível freático, pode-se observar a presença de inúmeros processos erosivos resultantes da ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais, em que as ravinas atingem grandes dimensões, podendo iniciar o processo de voçorocamento (SALOMÃO, 1999). O termo voçoroca ou boçoroca deriva do tupi-guarani (ibi-çorok) e corresponde a expressão terra rasgada ou rasgão no solo (RODRIGUES, 1982). Para Guerra (1993), o termo voçoroca é o mais adotado, apesar da grande discussão que ocorre até os dias atuais sobre a terminologia correta (Figura 28). Além disso, dependendo da região onde ocorre, são atribuídos outros nomes para essa mesma feição, como: vossoroca, buracão, grotã, desbarrancado, botoroca, soroca, cavão, barroca (em Portugal), lavaka (na República Malgaxe), donga (na África do Sul) e "gully erosion" (nos países de língua inglesa) (SILVA, 2007).

Figura 28 - Erosão em voçoroca localizada na área rural do município de Ituiutaba (MG)



Autor: BRAGHIROLI, T. L. P. (2014)

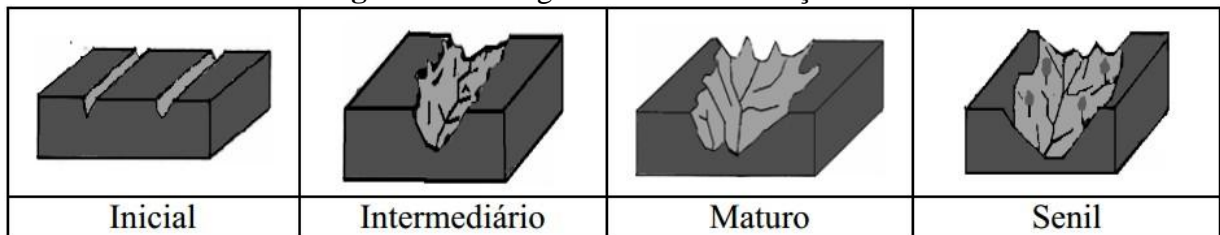
Para Morgan (2005), as voçorocas são cursos de água relativamente permanentes com paredes altas que conduzem pequenos fluxos durante as chuvas. Elas são consideradas como erosão acelerada e, por isso, caracterizam formas de paisagens instáveis. Elas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço (GUERRA, 2005). Segundo Fendrich (1984 apud Feres, 2002), as voçorocas se manifestam por incisões profundas no terreno, originadas quando existe grande concentração do escoamento em alguma zona determinada e apresentam quatro estágios de desenvolvimento (Figura 29), sendo:

1° estágio - inicial: Erosão do canal onde há a concentração do escoamento. Geralmente se dá de modo mais lento;

2° estágio - intermediário: Incremento rápido em profundidade e largura, carreando uma grande parte de material. Nesse estágio é onde se forma a cabeceira da feição que pode avançar para a montante;

3° estágio - maduro: Declínio no aumento da voçoroca, com o início de crescimento da vegetação natural; e

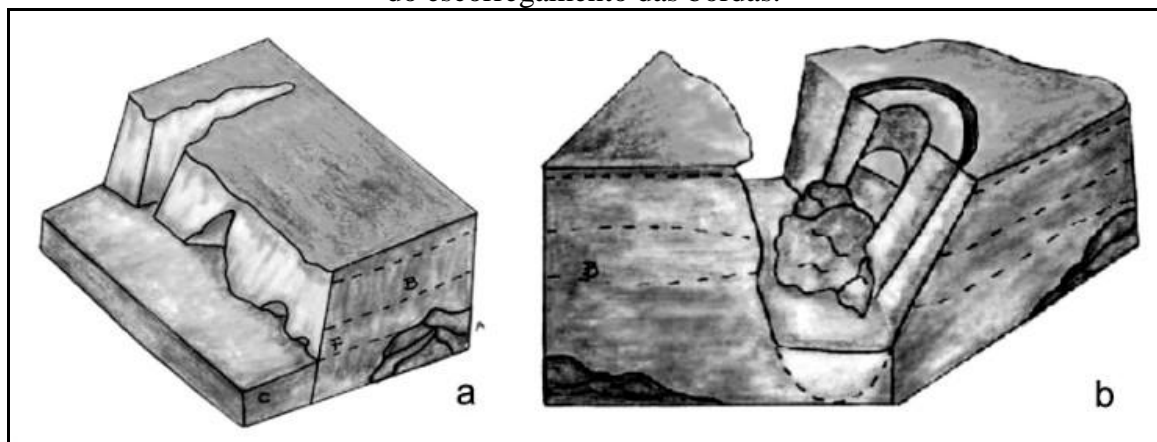
4° estágio - senil: Estabilização da voçoroca, com o canal em seu interior locado num perfil de equilíbrio, onde as paredes estáveis e a vegetação em equilíbrio seguram o solo.

Figura 29 - Estágio evolutivo das voçorocas

Fonte: CHEROBIN (2012)

Importante destacar que essas etapas de desenvolvimento acontecem simultaneamente dentro de uma mesma voçoroca, sendo que os primeiros estágios acontecem a montante da incisão enquanto os estágios finais se estabelecem a jusante.

De acordo com Bigarella (2003) e Ferreira (2004) a evolução de uma voçoroca está ligada à erosão interna junto ao nível freático, causando escavações em formas tubulares, progredindo em túnel, com subsequente escorregamento do terreno, ou seja, é quando a feição começa a sofrer ação do escoamento subsuperficial (Figura 30).

Figura 30 - Evolução de uma voçoroca (a) sob o efeito da erosão interna e (b) sob o evento do escorregamento das bordas.

Fonte: BIGARELLA (2003)

Relacionando o escoamento subsuperficial com o processo de voçorocamento, Ab'Saber (1968) diz que a dinâmica de erosão subterrânea não pode ser medida pela observação da paisagem superficial, sendo que:

[...] antes mesmo que as lesões apareçam por grandes faixas na paisagem superficial já, em subsuperfície, os processos estão sendo preparados pela percolação linear e concentrada dos lençóis d' água subsuperficiais. E, quando as ravinas se expandem e se definem na paisagem das vertentes, o processo já caminhou muito além do que se possa deduzir pela simples observação estática da morfologia dos buracões [...] Neste sentido, toda boçoroca é uma lesão aberta e um processo em plena atividade (AB'SABER, 1968. p. 268).

Segundo Salomão (2012), a erosão por dutos (*piping*) acarreta na retirada de partículas do interior do solo, ocasionando a formação de canais que evoluem no sentido contrário ao fluxo de água, que podem gerar desabamentos e conseqüentemente, alargar a voçoroca ou criar novas ramificações.

Se tratando da classificação de voçorocas, existem várias propostas que seguem variados critérios, como o estado de evolução, morfologia, dimensões e posição no relevo (FURLANI, 1980). Pela classificação da FAO (1986 apud Bacellar, 2000), as voçorocas são subdivididas em três tipos conforme suas seções transversais: "em forma de U, V e trapezoidal, que indicariam, respectivamente, solos com resistência uniforme, crescente e decrescente com a profundidade" (BACELLAR, 2000, p. 16).

Segundo Salomão (2012), as voçorocas são caracterizadas pelo alto poder destrutivo, sendo um local de ocorrência de diversos fenômenos, como solapamentos, desabamentos, escorregamentos e inúmeras outras feições erosivas que se criam dentro das ravinas e voçorocas. Dentre essas feições, segundo Oliveira (2012) tem-se os pedestais (*demoiselles*)¹, sulcos e ravinas², alcovas de regressão³, filetes subverticais⁴, marmitas e panelas (*plunging pool*)⁵, movimentos de massa⁶, erosão interna (*piping*)⁷, entre outras.

Apesar do processo de erosão ser algo natural e atuar na dinâmica de formação do relevo, o uso e a ocupação do solo podem acelerar esse processo, ou seja, o homem atua como agente transformador de ambientes, acelerando os processos erosivos e, conseqüentemente, o ritmo de transformação da paisagem (FRANCISCO, 2011). Para Bertrand (1971) a paisagem deve ser entendida como o resultado da combinação dinâmica dos elementos físicos,

¹ Em geral, essas feições são formas residuais esculpidas abaixo de um objeto cuja densidade não permitiu a sua remoção (grânulos e seixos de minerais variados). São muito comuns no interior de incisões erosivas ou em vertentes desprovidas de vegetação e fornecem de imediato, um parâmetro para estimar a taxa de ablação pluvial da superfície nas quais são esculpidas.

² Feições que se formam tanto na superfície das encostas como no interior de voçorocas e que indicam as rotas de organização do escoamento superficial concentrado.

³ Feições erosivas que podem ser observadas sob diferentes condições litológicas e climáticas, podendo ser esculpidas tanto pelo escoamento superficial em forma de filetes subverticais quanto pela exfiltração do lençol freático ou pela combinação desses dois mecanismos.

⁴ Feições encontradas, preferencialmente, em paredes de voçorocas esculpidas em materiais pouco coesivos.

⁵ Feições que indicam a atuação de erosão por quedas-d'água na base de taludes ou de degraus no interior de voçorocas. Apresentam geometria relativamente dessimétrica, sendo mais profundas a montante e mais rasas a jusante.

⁶ Constituem diversas feições erosivas no interior das voçorocas, como escorregamentos rotacionais e translacionais, corrida de lama e queda de torrões, sendo responsáveis pelo alargamento e avanço das incisões erosivas

⁷ Feição vinculada a erosão por voçoroca, é um processo de formação de tubos ou canais a partir da face de um talude através do transporte de partículas do solo, podendo evoluir para grandes cavidades no subsolo.

biológicos e antrópicos sob uma interação dialética em constante evolução e não somente"[...] a simples adição de elementos geográficos disparatados" (BERTRAND, 1971, p. 141).

1.4 - Ação antrópica e processo erosivo acelerado

Os sistemas ambientais naturais relacionados às intervenções humanas apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. A princípio, os ambientes naturais em algumas regiões do planeta mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram a intervir, progressivamente e mais intensamente na apropriação dos recursos naturais (ROSS, 2000).

A crescente industrialização, o rápido processo de urbanização, a mecanização da agricultura nos sistemas de monocultura, a implantação de pastagens generalizadas e a intensa exploração dos recursos energéticos e matérias-primas tem alterado o cenário da Terra e causado, com frequência, processos degenerativos profundos na natureza. Para Ross (2000), são necessárias duas condições básicas para que ocorram as regenerações espontâneas das águas, das coberturas vegetais, dos solos, da fauna e do relevo impactado de forma negativa pela ação antrópica: o tempo e a trégua. Ou seja, é necessário dar oportunidade de autorrecuperação, cessando as intervenções altamente predatórias.

Os processos erosivos ocorrem naturalmente no meio ambiente, de forma lenta e gradual, causando no decorrer da evolução do globo terrestre mudanças no relevo e na vegetação (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2005). A intervenção humana acelera esses processos erosivos por meio da ocupação e uso intensivo do solo. A erosão antrópica, identificada como erosão acelerada, remove paulatinamente as camadas superficiais do solo, chegando a formar sulcos e ravinas, quando o escoamento da água é torrencial (POLITANO et al., 1992).

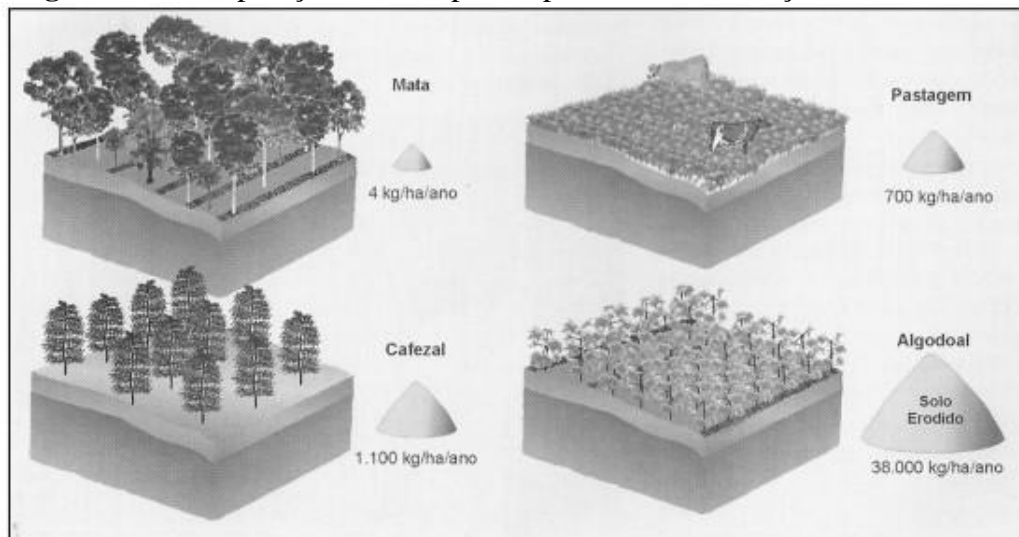
Na escala do tempo histórico, o Homem como agente transformador de ambientes, atua na aceleração dos processos erosivos e no ritmo de transformação das paisagens. Cassetti (1991) destaca que:

[...] em síntese, o homem ao apropriar-se da natureza e transformá-la pode processar alterações significativas na exploração biológica, gerando gradativamente modificações no potencial ecológico [...] A partir de então, altera-se o sistema hidrológico das vertentes, ou seja, o antigo domínio do componente perpendicular (infiltração) é substituído pelo paralelo

(escoamento), evidenciando-se a implantação da erosão acelerada, o que pode gerar conseqüências irremediáveis se for ultrapassando o limiar de recuperação (CASSETI, 1991, p. 49).

A falta do manejo do solo e das práticas conservacionistas são responsáveis pela degradação dos solos, assim como a perda do mesmo, devido às atividades desenvolvidas nele. Para Mafra (2012, p. 308): “[...] as perdas por erosão variam em intensidade de acordo com o uso da terra”, ou seja, o histórico de transformação da paisagem é importante na compreensão da dinâmica de processos erosivos porque apesar de existirem algumas áreas que são naturalmente suscetíveis ao desenvolvimento de voçorocas, a maioria delas é induzida pelas formas de uso do solo (OLIVEIRA, 2012) (Figura 31).

Figura 31 - Comparação entre as perdas por erosão em relação ao uso do solo



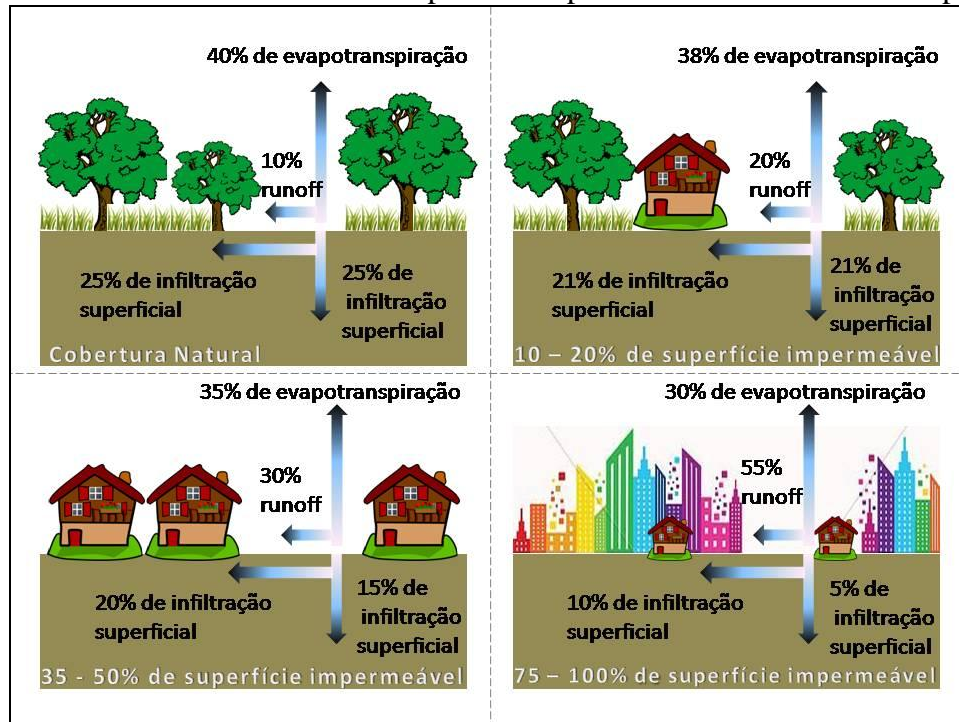
Fonte:Lepsch (2002, p.159)

Outro fator que está diretamente associado ao aumento dos processos erosivos é a expansão das áreas urbanas. Essa expansão das cidades sem o planejamento necessário acarreta em sérios problemas de drenagem urbana devido à intensificação da ação da água sobre o solo. Durante a urbanização, os espaços permeáveis, inclusive áreas vegetadas e bosques, são convertidos para usos que, geralmente, provocam o aumento de áreas com a superfície impermeável, o que resulta no aumento do volume do escoamento superficial. (ARAÚJO et al., 2005).

Conforme o processo de urbanização começa a acontecer, as mudanças na hidrologia natural da área e na hidráulica são inevitáveis, ocorrendo devido à limpeza do terreno, à terraplanagem e à adição de superfícies impermeáveis (SCHUELER apud ARAÚJO, 2005). As superfícies impermeáveis, tais como os telhados, ruas, estacionamentos, calçadas,

diminuem a capacidade de infiltração do solo e resultam no aumento do escoamento superficial (Figura 32).

Figura 32 - Relacionamento entre a superfície impermeável e o escoamento superficial



Fonte: Adaptado de FISRWG (1998) apud Araujo et al.(2005)

Isso é o que Tucci (1997) considera como impacto no ciclo hidrológico, visto que o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal, provocando diversos efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural, como: (i) a redução da infiltração no solo; (ii) o volume que não infiltra fica na superfície, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, as vazões máximas, antecipando seus picos no tempo devido a construção de condutos pluviais para o escoamento superficial; (iii) o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático devido a redução da infiltração, principalmente quando a área urbana é muito extensa; e (iv) a redução da evapotranspiração devido a substituição da cobertura vegetal por materiais impermeáveis.

Para Tucci e Collischonn (s.d.) o controle da erosão urbana é fundamental para a manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como também na qualidade ambiental, visto que atualmente a drenagem urbana representa uma importante fonte de prejuízos para a população urbana, em virtude das inundações e outros prejuízos ambientais.

É possível identificar que as feições erosivas ocorrem tanto na área rural (erosão rural) como na área urbana (erosão urbana). De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos

do Paraná (PLERH/PR, 2010), a ação antrópica se constitui em um dos principais agentes causadores de processos erosivos, seja nas áreas urbanas ou nas rurais, porque ela atua como modificadora do meio ambiente, conforme apresentado no Quadro 12.

No caso desse estudo, a erosão urbana será descrita com maior detalhe porque o Parque Municipal do Goiabal (recorte espacial) está localizado na área urbana do município de Ituiutaba-MG.

Para Ridente e Almeida Filho (1998 apud Ferreira, 2004), a origem da erosão urbana está diretamente associada à falta de planejamento adequado que leva em consideração as particularidades do meio físico, as condições socioeconômicas e as tendências de desenvolvimento da área urbana. Isso porque o desenvolvimento da cidade expande as áreas construídas e pavimentadas, o que resulta no aumento do volume das enxurradas e, se não dissipadas, concentra os escoamentos que acabam acelerando os processos de desenvolvimento das ravinas e voçorocas. Assim, o surgimento dessas feições na cidade pode gerar perdas significativas para a população e para o poder público local.

As voçorocas urbanas, para Iwasa e Prandini (1980), são fenômenos erosivos que atingem áreas consideráveis e capazes de transportar grandes volumes de solo. E esse processo acelerado se faz sentir de modo mais danoso tanto pelo caráter catastrófico da área envolvida como pelo próprio processo de urbanização que se apropria drasticamente do meio físico, resultando em feições de evolução rápida e de difícil controle. As principais causas do surgimento e evolução da erosão urbana são, segundo ITP (1989) e Bittar et al. (1990 apud Brito, 2012):

- O traçado inadequado dos sistemas viários, que são em alguns casos agravados pela ausência de pavimentação, guias e sarjetas;
- A precariedade do sistema de drenagem de águas pluviais; e
- Expansão urbana rápida e descontrolada, dando origem na maioria das vezes à implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais inadequados, levando-se em consideração a geotécnica da cidade (BRITO, 2012, p. 28).

Segundo Ferreira (2004), a erosão urbana é extremamente dinâmica, acompanhando o processo de consolidação da ocupação e, por isso, apresenta grande variabilidade temporal e espacial. Estando associado, em causa e efeitos, aos problemas de drenagem urbana, o processo erosivo em áreas urbanas deve ser considerado como uma variável de projeto de particular importância, merecendo cuidados de tratamento não só nas fontes principais de produção de sedimentos, como também ao longo de todos os percursos do sistema de drenagem com o objetivo de evitar eventos que produzam erosões localizadas de grande porte.

Quadro 12 - Impactos causados pela ação antrópica

Uso e Ocupação		Intervenção	Impactos	Consequências
URBANA	Loteamento	Remoção da cobertura vegetal; Terraplanagem; Cortes/Aterros	Erosão	Assoreamento
			Modificação da paisagem	Inundações/ Enchentes
	Área Industrial	Remoção da cobertura vegetal e Terraplanagem; Cortes/ Aterros	Erosão localizada	Assoreamento
			Poluição do ar, solo e água	Contaminação do ar, solo e água
	Sistema Viário	Desmatamento; Terraplanagem; Cortes/ Aterros; Sistemas de drenagem	Erosão	Assoreamento
			Escorregamento	
	Infraestrutura urbana	Escavações; Cortes/Aterros; Sistemas de drenagem	Erosão	Assoreamento
			Escorregamento	Inundações/ Enchentes
RURAL	Atividades Agrícolas	Grandes desmatamentos; Técnicas agrícolas inadequadas	Erosão	Assoreamento
			Perda da camada fértil do solo	Poluição dos mananciais
				Desertificação
	Chácaras de Lazer	Desmatamento; Terraplanagem; Cortes/Aterros	Erosão	Assoreamento
Escorregamento				

Fonte: Adaptado do PLERH (2010, p. 105)

Para Almeida Filho (1998), a urbanização provoca um aumento do escoamento superficial, assim como toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, e isso provoca a concentração das águas pluviais em cabeceiras de drenagens desencadeando a formação de processos erosivos nas próprias vias porque essas vias são os principais condutos tanto das águas captadas pelos telhados das edificações como a do escoamento superficial local.

Ridente (2000) salienta que o grande prejuízo atual dos processos erosivos (principalmente os lineares) nas áreas urbanas é de caráter social e econômico, porque o aparecimento ou avanço dessas incisões erosivas podem levar a destruição de moradias, levando a perda de vidas humanas como a destruição de equipamentos públicos, como ruas, sistemas de esgoto, redes elétricas e sistemas de drenagem. Se as feições forem de grande porte, o dano ambiental também pode ser calculado com base na degradação do solo e da difícil recuperação da área.

Já Almeida Filho (1998), quando discute o desenvolvimento de voçorocas nas áreas urbanas, enfatiza que além dos impactos sociais e econômicos gerados quando essas incisões atingem imóveis e a infraestrutura urbana (caracterizada pelas obras de redes de água, esgoto, telefone, eletricidade, drenagem pluvial e pavimentação), elas ainda geram consequências no tráfego de veículos e na depreciação imobiliária. A expansão urbana também é limitada pela erosão em consequência, principalmente, dos altos custos de correção, ao desenvolvimento de focos de doenças (pela prática comum de aterro com lixo urbano) e pelo assoreamento de galerias e fundos de vale (gerando problemas de inundações).

Ridente et al. (1998 apud Ferreira, 2004) evidencia que a existência de processos de erosão linear, principalmente voçorocas, dentro das áreas urbanas torna a gestão urbana mais crítica, especialmente quando as incisões são de grande porte e passam a interferir diretamente na vida dos habitantes. As voçorocas causadas pela expansão urbana se tornam uma barreira ao crescimento da própria cidade porque elas oferecem riscos às pessoas, além de dificultar a ocupação de áreas vizinhas e o planejamento urbano.

O planejamento urbano no Brasil, para Tucci (1997), tem sido realizado na prática dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento, enquanto deveria envolver fundamentos interdisciplinares. Como resultado disso, o planejamento da ocupação do espaço urbano tem trazido grandes transtornos e custos para a sociedade e o ambiente, como o aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos, na deterioração da qualidade da água e erosões urbanas. Ainda para Tucci (1997), à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- Aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através de canais e condutos e impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos devido à exposição das superfícies e a produção de resíduos sólidos; e
- A piora da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Por isso, o controle de erosão e de sedimentação em áreas urbanas é uma medida que deve ser analisada e discutida no planejamento urbano. Tucci e Collischonn (s.d.) salientam que o controle de sedimentos pode ser realizado tanto no canal como na bacia de forma distribuída. O controle no canal leva em consideração a definição de velocidade mínima, a melhor estimativa das cargas de sedimentos, o redimensionamento de seções transversais e declividade e o estabelecimento de trechos para deposição programada para limpeza. Já o controle distribuído na bacia pode ser realizado de forma estrutural (com obras de engenharia) ou não estrutural. As principais ações estruturais de controle da erosão e sedimentação na bacia são:

[...] Reservatórios: Os reservatórios podem ser secos, quando atuam basicamente sobre o volume e com lâmina de água, quando atuam sobre os sedimentos e a qualidade de água. No primeiro caso, existem os reservatórios secos *extended*, que retêm o volume por um período de 24 horas, para minimizar o impacto dos sedimentos e da qualidade da água. O ideal é instalar, já no início do loteamento, reservatórios cuja função primeira será reter os sedimentos gerados na etapa crítica de abertura de ruas, remoção da camada vegetal e movimentação de volumes para aterro; [...]

Infiltração: bacias de infiltração, trincheiras que permitem que o escoamento recupere as suas condições de infiltração;

Área úmida (*wetland*): utilizado como um reservatório com lâmina de água, mas com vegetação aquática que se consome os nutrientes e retém os sedimentos;

Pavimentos permeáveis: este tipo de dispositivo é utilizado em passeios e estacionamentos de carros leves, permitindo maior infiltração da precipitação (TUCCI E COLLISCHONN, s.d., p. 13-14).

Além disso, segundo o PLERH/PR (2010), para o combate da erosão em áreas urbanas é necessário que as prefeituras municipais estejam atentas às suas infraestruturas, ou seja, a pavimentação das ruas e vias, a construção de calçadas, a canalização e construção de bocas de lobo para que a captação das águas pluviais seja eficiente. É necessário também que as prefeituras se atentem à legislação vigente no que se refere ao uso e manejo racionais do solo e à preservação dos recursos naturais. Sobretudo, deve existir nos Planos Diretores Municipais uma definição da legislação sobre o uso do solo urbano, incluindo os aspectos

urbanísticos, o controle e prevenção dos processos erosivos e a definição de limites para ocupação e expansão do perímetro urbano para nortear a construção de loteamentos.

O Parque Municipal do Goiabal, mesmo se tratando de uma Unidade de Conservação está localizado na área urbana do município de Ituiutaba (MG) e por isso, os seus problemas ambientais podem estar diretamente relacionados ao uso que faz do solo nas áreas adjacentes da UC. Importante destacar que não existe uma área de amortecimento entre o Parque e as construções da cidade, as quais tem se intensificado nos últimos anos com a construção de loteamentos tanto para construção de casas para os Programas do Governo Federal como da iniciativa privada.

CAPÍTULO 2

Caracterização da Área de Estudo

O Capítulo 2 objetiva apresentar a área de estudo, fazendo uma breve apresentação do município de Ituiutaba (MG), desde a sua ocupação por sesmeiros até os dias atuais, apresentando características de povoamento, o papel da igreja na organização socioespacial do município no início do processo de urbanização, a inserção na lógica de ocupação do Cerrado brasileiro e dados da economia do município.

Além disso, esse capítulo caracteriza o meio físico da área de estudo sob os aspectos geológicos, apresentando as principais formações geológicas que afloram na região do Pontal do Triângulo Mineiro; os aspectos geomorfológicos, mostrando características do conjunto geomorfológico onde o município está inserido; os aspectos pedológicos, apresentando os tipos de solos existentes na região e as características de cada um deles; os aspectos climáticos, mostrando quais as massas que atuam na área do município de Ituiutaba (MG) e como essas interferem nos regimes pluviométrico e térmico do município e os aspectos vegetacionais, caracterizando mais especificamente o Parque do Goiabal e mostrando qual é a composição florística, com as espécies presentes na área.

2.1 – Localização e Caracterização Geográfica

O município de Ituiutaba (MG) tem sua ocupação datada de 1820 na conjuntura do processo de penetração, conquista e povoamento do interior do Brasil, sob o impulso da agropecuária extensiva e pela chegada de vários forasteiros na região conhecida hoje como Triângulo Mineiro. A ocupação ocorreu quando Joaquim Antônio de Morais e José da Silva Ramos chegaram e se instalaram nas Fazendas São Lourenço e do Carmo, respectivamente, áreas habitadas até então por índios Caiapós (CHAVES, 2016).

Por volta do ano de 1830, chegou na região o Padre Antônio Dias Gouveia, também sesmeiro e dono da área conhecida na época como Três Barras, às margens do rio Tijuco. Esses primeiros desbravadores resolveram em comum acordo doar partes de suas terras para a construção de uma capela, a Capela de São José do Tijuco, construída de pau-a-pique e coberta por folhas de buriti (atual Catedral de São José) e um cemitério ao lado da capela para enterrar seus entes queridos (CHAVES, 2016). Sobre o aglomerado urbano, Chaves (2016) salienta que logo foi iniciado

[...] com a construção de moradias e casas de comércio - dando limiar ao pequeno Povoado de São José do Tijuco (1932), do qual se originou a cidade de Ituiutaba (MG). Destarte, a capela constituía-se o elemento central do povoado, atendia à sociedade local e a circunvizinhança rural para as missas, os casamentos e os batizados, ofícios da religião oficial do Brasil Império - o catolicismo. São inegáveis os esforços e interesses dos religiosos na ação social e política no processo de expansão de Ituiutaba (MG), mesmo que indiretamente. Em toda a documentação consultada, notou-se que a Instituição Religiosa e seus membros expandiram suas ações para além da evangelização e investiram seus esforços na construção e manutenção da capela de São José do Tijuco e do cemitério (1832); do primeiro sistema de abastecimento de água (1875), da edificação de escolas e da criação de associações esportivas e culturais, [...], de modo a evidenciar o papel do clero e da igreja na sociedade ituiutabana" (CHAVES, 2016, p. 17-18).

Para Oliveira (2003), as ações religiosas tiveram grande participação e importância na organização socioespacial de Ituiutaba (MG), visto que até 1911 a Igreja Católica era o principal agente imobiliário da cidade e possuía ampla área urbana na área central que, após 1950, foi adquirida pela Prefeitura Municipal para a criação e construção de bairros (Figura 33).

Figura 33 - Praça Cônego Ângelo e a Igreja (1927 e 2015)



Fonte: Chaves, 2016, p. 18.

Modificado por Taison L. de P. Braghiroli

Em 1836, o Povoado foi elevado à Freguesia de São José do Tijuco. Em 1901 foi reconhecida, oficialmente, como sede do Município, com o nome de Vila Platina, por meio da Lei Estadual nº 139 de 16/09/1901. Já em 1902 foi instalada a Câmara Municipal (Figura 34) e nesse mesmo ano foi aprovada a Lei Municipal nº 1 de 10/01/1902 que autorizava a denominação de cinco ruas longitudinais e nove transversais, originando o primeiro quadro urbano de Ituiutaba (MG) (CHAVES, 2016).

Figura 34 - Ituiutaba (MG): construção do edifício da Câmara Municipal, 1901



Fonte: Chaves, 2016, p.21

A Vila Platina passou a chamar-se Ituiutaba por força da Lei nº 663 de 1915. Esse nome foi dado por Delfim Moreira, que era governador do Estado de Minas Gerais na época, mas a mudança do nome só foi oficializada a partir do Decreto nº 4.759 de 25/04/1917. Chaves (2016), no seu estudo sobre a produção do espaço urbano e mercado imobiliário em Ituiutaba (MG), salienta que nessa época já havia importantes obras no perímetro urbano da cidade, como

[...] a) a construção do edifício da Câmara Municipal (1901); b) o serviço de água canalizada para consumo da população (1904); c) o serviço de iluminação pública, pelo sistema de lampião e gás acetileno (1905); d) a edição do primeiro jornal impresso Vila Platina (1907); e) a instalação do Grupo Escolar Vila Platina (1910); f) a inauguração do Cine Santo Antônio (1912) e g) a instalação da primeira linha telefônica (1913) [...] (CHAVES, 2016, p. 20).

Já durante as décadas de 1960 e 1970, o município de Ituiutaba (MG) esteve inserido na lógica de ocupação do Cerrado brasileiro, onde houve a expansão da fronteira agrícola na região central do país, promovendo grandes transformações na paisagem. Isso aconteceu em consequência das mudanças tecnológicas verificadas no campo (como a correção do solo e a mecanização da agricultura, por exemplo), fazendo com que a paisagem natural das áreas de Cerrado fosse amplamente modificada para atender a nova dinâmica agrícola que estava surgindo no Brasil (COSTA E MARTINS, 2011). Ainda para esses autores, esse processo de ocupação ficou ainda mais evidente

[...] quando o governo lançou um conjunto de ações, propiciando, assim, o desenvolvimento agrícola das regiões do Cerrado. O discurso governamental

centrava-se, fundamentalmente, na ocupação das áreas dessas regiões, integrando-as ao território nacional (COSTA E MARTINS, 2011).

O Parque Municipal do Goiabal está inserido no município de Ituiutaba-MG e esse município se localiza na porção sudoeste do Estado de Minas Gerais, na Macrorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e Microrregião de Ituiutaba (composta pelo municípios de Cachoeira Dourada de Minas, Capinópolis, Gurinhatã, Ipiacaçu, Santa Vitória e Ituiutaba). Dista 696 km da capital, Belo Horizonte. O município possui uma área aproximada de 2.598 Km², perímetro urbano com 24,2 km² de área e densidade demográfica de 37,40 hab/km (IBGE, 2010).

Moura e Damasceno (2011), na sua pesquisa sobre as condições sociais e de habitação na estruturação urbana da cidade de Ituiutaba (MG), salientam que a posição geográfica de Ituiutaba (MG) dentro do Triângulo Mineiro fez com que abrissem possibilidades de renovação do seu espaço por ter recebido investimentos em infraestrutura (rodovias, ferrovias), possibilitando assim um maior fluxo entre os principais centros do Brasil, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília. "[...] Estas interconexões propiciaram a Ituiutaba uma nova dinamização [...], que contribuíram para aumentar o seu poderio econômico e político, diferenciando-a da região" (MOURA E DAMASCENO, 2011, p. 382).

O desenvolvimento e o recebimento de serviços de infraestrutura só começaram na década de 1940, quando o município começou a ter importância regional com o plantio de arroz. O crescimento populacional entre os anos de 1940 e 1960 cresceu 95%, passando de 35.052 para 68.212 habitantes (MOURA E DAMASCENO, 2011). Em 2010, a população residente era de 97.171 habitantes (IBGE, 2010). A evolução populacional do município pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução populacional (Ituiutaba - MG)

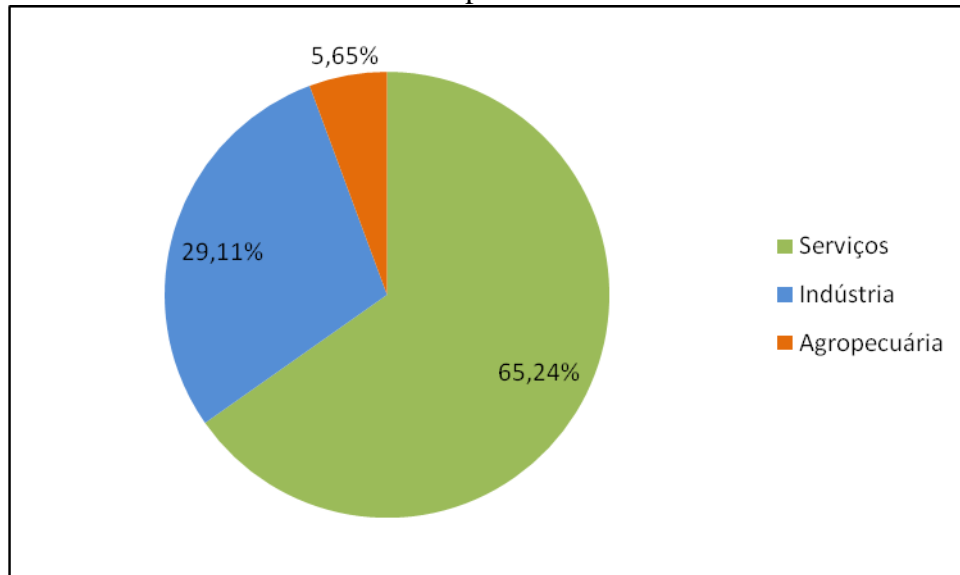
Ano	População (habitantes)
1991	84.577
1996	87.258
2000	89.091
2007	92.727
2010	97.171

Fonte: IBGE Cidades. Acesso: 16 jan. 2016

No que se refere a economia do município, ao observar o Gráfico 3, verifica-se que o setor de serviços é responsável por 65,24% do Produto Interno Bruto (PIB) do município em 2013, seguido pelos setores da indústria e agropecuária, que são responsáveis por 29,11% e

5,65%, respectivamente, contribuindo significativamente para valores do PIB do estado de Minas Gerais.

Gráfico 3 - PIB do município de Ituiutaba- MG em 2013



Fonte: IBGE Cidades. Acesso em 17 jan. 2016
Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

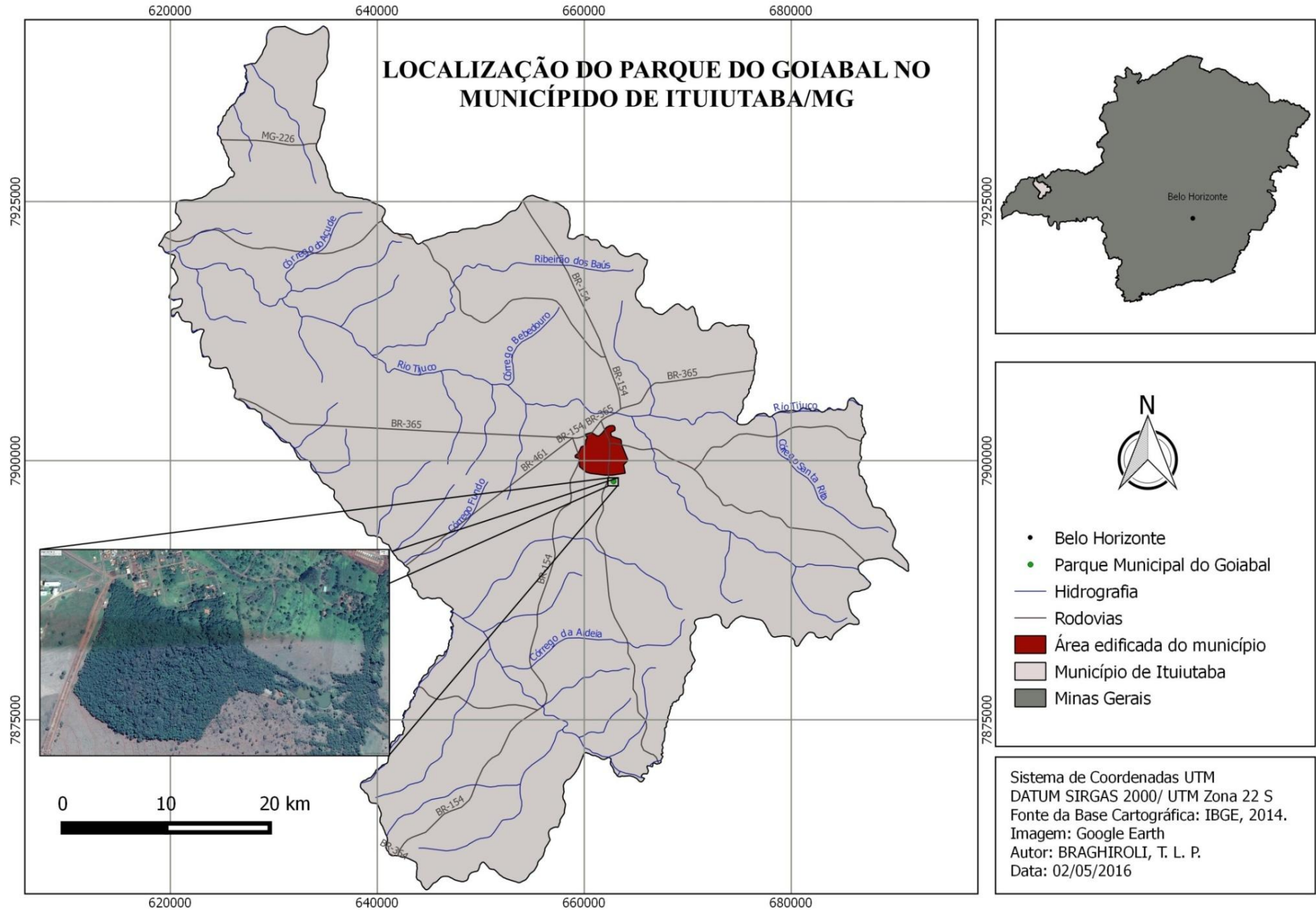
O Parque Dr. Petrônio Rodrigues Chaves (Parque do Goiabal) está localizado na porção sul da área urbana do município de Ituiutaba, especificamente no bairro Tupã, na região da antiga Fazenda Córrego Sujo. O Parque Municipal do Goiabal foi criado pela Lei 1.826 de 24 de agosto de 1977 no governo do Prefeito Acácio Alves Cintra Sobrinho. Segundo a Lei supracitada, no seu artigo 2º, o Parque tem por finalidade:

- a) resguardar os atributos excepcionais da natureza da região;
- b) proteger integralmente a flora, a fauna e demais recursos naturais;
- c) ser utilizado para objetivos educacionais, científicos, recreativos e turísticos (Lei 1.826, 1977).

Fica proibida a partir dessa data, qualquer forma de exploração dos recursos naturais, seja pelo uso do fogo ou da supressão da vegetação dentro da área delimitada como Parque. Importante destacar que, apesar do Goiabal ter sido criado em 1977, ele só foi fundado em 1º de maio de 1986 no governo do Prefeito Romel Anísio Jorge (Figura 35).

Petrônio Rodrigues Chaves foi vereador do município de Ituiutaba (MG) entre 1950 e 1953, atuando principalmente nas áreas da saúde e educação. Ele nasceu em Campina Verde (MG) em 15 de maio de 1910 e mudou-se para Ituiutaba (MG) com sua família, onde fez o curso primário no Grupo Escolar João Pinheiro. De 1928 a 1933, cursou a Faculdade de Medicina da Praia Vermelha, no Rio de Janeiro.

Figura 35 - Localização do Parque do Goiabal no município de Ituiutaba (MG)



Em 1934 Petrônio Rodrigues Chaves volta permanentemente para Ituiutaba (MG), já formado em Medicina, cidade onde abriu seu consultório e atuou durante 30 anos consecutivos na profissão (GIAVARA E SILVA, 2015). "Como médico, [...] dedicava atenção especial aos carentes de fortuna numa época em que não havia institutos de assistência médica gratuita" (GIAVARA E SILVA, 2015, p. 3). No setor educacional,

"[...] participou como professor de Geografia e História. [...] Promoveu programas educacionais, em parceria com a professora Divina Carmagos Machadom na Rádio Platina de Ituiutaba. No Grupo Escolar Idelfonso Mascarenhas ministrou aulas gratuitas no curso de alfabetização de adultos. Ou seja, o problema do analfabetismo sempre o preocupou. Em 1936 e 1937, juntamente com seus companheiros do núcleo integralista, manteve uma pioneira escola para adultos, também gratuita, com o nome de "Escola do Laurindo", em homenagem ao esforçado e antigo professor do pequeno burgo" (GIAVARA E SILVA, 2015, p. 2).

A área do Parque é de aproximadamente 32,7 hectares (0,32 km²) e a gestão está sob responsabilidade da Secretaria de Indústria, Comércio, Turismo e Serviços do município. O horário de funcionamento para a população se limita aos fins de semana (sábados e domingos) das 8:00 às 18:00.

2.2 – Meio Físico

A caracterização do meio físico foi baseado nos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e vegetacionais da região onde o município de Ituiutaba (MG) está inserido além das próprias características do município.

2.2.1. Aspectos Geológicos

A área de estudo pertence, a morfoestrutura da bacia sedimentar do Paraná, sendo formada a partir do Devoniano Inferior (IPT, 1981 a: 46), possuindo uma área aproximada de 1.100.000 km² do território brasileiro.

A bacia sedimentar do Paraná no Triângulo Mineiro, segundo Nishiyama (1989) se representa pelas unidades geológicas da idade Mesozóica, ou seja, os arenitos da Formação Botucatu, os basaltos da Formação Serra Geral e as rochas do grupo Bauru, além de depósitos recentes da idade Cenozóica.

Tratando-se da coluna litoestratigráfica da bacia sedimentar do Paraná observada no mapa geológico do estado de Minas Gerais na escala de 1: 1.000.000 (CODEMIG, GOVERNO DO ESTADO DE MINAS, CPRM, 2003), as principais formações geológicas que afloram na região do Pontal do Triângulo Mineiro, onde se localiza o município de Ituiutaba, pertencem ao Éon Fanerozóico, da Era Mesozóica, do Período Cretáceo Superior, pertencentes ao Grupo Bauru – Formação Marília, característica pela presença do arenito com intercalações de laminito arenoso, pela Formação Adamantina, de arenitos eólicos e da Formação Serra Geral, composta por basaltos com intercalações de arenito e diques de diabásio.

Relacionado ao município de Ituiutaba-MG, há predominância da Formação Marília, Formação Adamantina e Formação Serra Geral.

A Formação Marília é característica de arenitos com granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com tênues estratificações cruzadas de médio porte, incluindo lentes e intercalações subordinadas de siltitos, argilitos e arenitos muito finos com estratificação plano-paralela e frequentes níveis rudáceos, sendo frequentes a presença de nódulos carbonáticos (BISTRICHI et al., 1981).

Diferentemente da Formação Marília, a Formação Adamantina apresenta granulação fina a muito fina podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte. Essa formação, para Batezelli (2003) assenta-se sobre os basaltos da Formação Serra Geral, lateralmente interdigita-se a Formação Uberaba e está sob os arenitos da Formação Marília.

A Formação Serra Geral é caracterizada por rochas ígneas efusivas de natureza basáltica com lentes de arenitos intercalados aos derrames magmáticos, sendo eles mais expressivos próximos aos cursos d'água da região, visto que essas áreas sofreram processos erosivos intensos (Nishiyama, 1989). No município de Ituiutaba é possível identificar esse afloramento de rochas basálticas junto ao rio Tijucu e seus afluentes.

2.2.2. Aspectos Geomorfológicos

A região do Triângulo Mineiro faz parte de um conjunto geomorfológico denominado por AB'SABER (1971) como Chapadões Tropicais do Brasil Central, e pelo

RADAMBRASIL (1983) como Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, inserida na subunidade Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná.

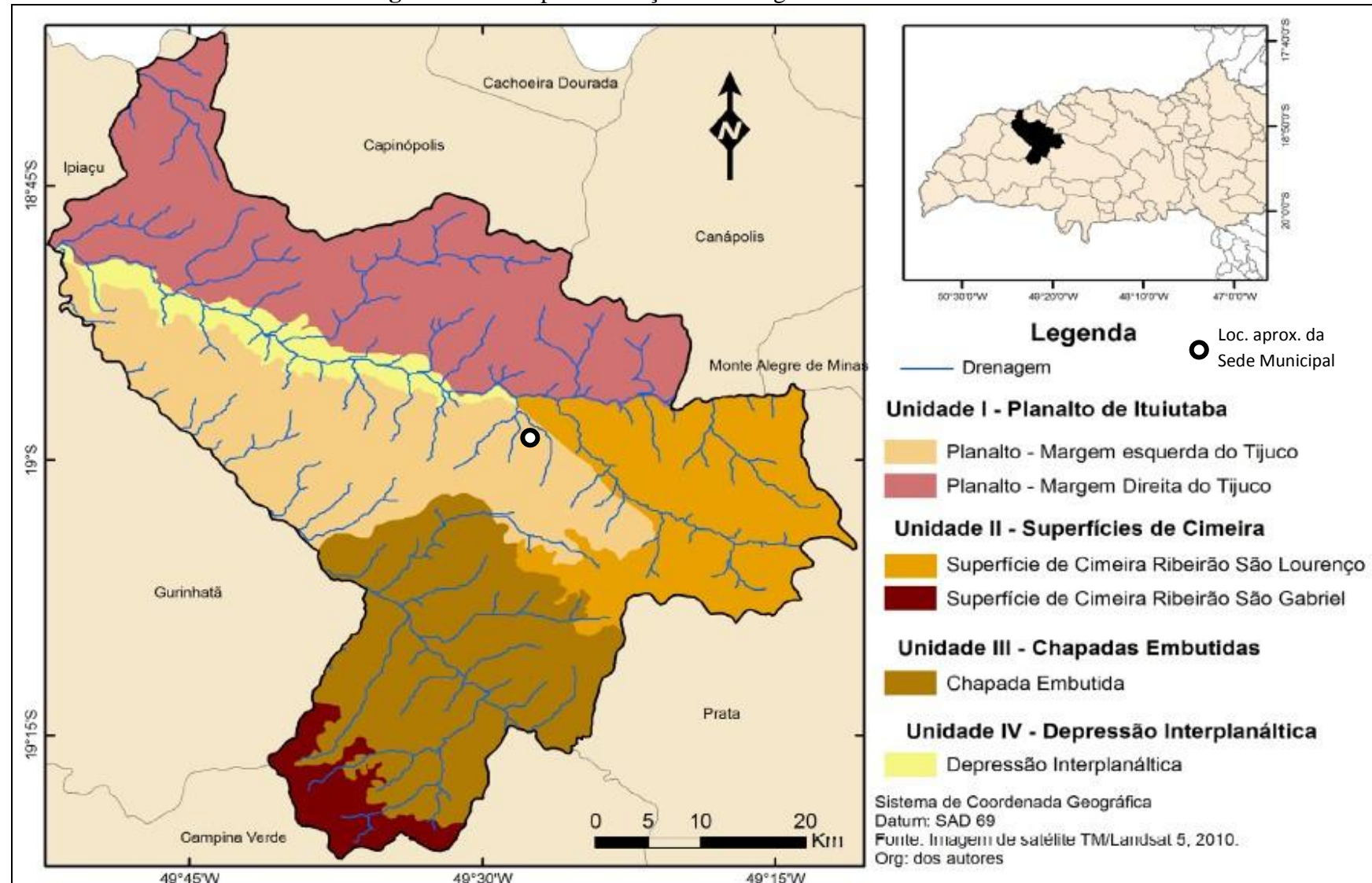
O relevo do Triângulo Mineiro, segundo Baccaro (1990) foi intensamente esculpado pelas variações climáticas no Terciário (atualmente apontado pela literatura como Paleógeno) e Quaternário, ocorrendo oscilações entre o clima úmido e seco, favorecendo o rebaixamento do relevo, o que resultou na formação das denominadas mesas e tabuleiros da região.

Santos e Baccaro (2004), ao mapear o relevo na Bacia do Rio Tijuco, utilizando bases cartográficas e imagens de satélite com escala regional (superiores a 1:100.000), identificaram níveis e sub-níveis de dissecação do relevo identificadas como anfiteatros, knickpoints e planícies aluvionares, presentes e classificados em três unidades geomorfológicas, sendo as áreas de relevo intensamente dissecados, as áreas de relevo mediamente dissecados e as áreas com relevo levemente dissecado.

Áreas de relevo intensamente dissecados são identificadas na borda da chapada de Uberlândia, entre as cotas de 850-950 m, com bordas mantidas por arenito silicificado e outras pelos basaltos da Formação Serra Geral. As áreas de relevo mediamente dissecados são constituídos de topos planos, com altitudes que variam entre 750 e 850 m, com formas convexo-côncavas e vertentes com declividades entre 8 e 15°, sendo os vales bem definidos e levemente encaixados e as Áreas com relevo levemente dissecado: unidade formada por relevos com altitudes entre 600 a 750 m e declividades em torno de 3 a 7° de inclinação, além dessas feições é possível identificar muitos knickpoints formados pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral (SANTOS E BACCARO, 2004).

Essas formas de relevo presentes na região, segundo Baccaro (1991), vêm sendo trabalhadas desde o Terciário, sofrendo processos de laterização, pediplanação e de dissecação, conforme já apresentado. A presença dos testemunhos na paisagem é resultante, segundo Del Grossi (1991), das capas resistentes e contínuas em alguns pontos de lateritas que assoalham os altos aplainados e constituem concreções no solo. Martins e Costa (2014) apresentam, nos seus estudos sobre o município de Ituiutaba a compartimentação morfológica do relevo (Figura 36).

Figura 36 - Compartimentação Morfológica do relevo de Ituiutaba-MG.



Fonte: Modificado de Martins e Costa (2014).

Os autores dividiram o relevo do município em unidades e subunidades. Uma das unidades é o Planalto de Ituiutaba, dividido nas subunidades Planalto-Margem Direita do Tijuco e Planalto-Margem Esquerda do Tijuco. Outra unidade apresentada são as Superfícies de Cimeira, divididas nas subunidades Superfícies de Cimeira do Ribeirão São Lourenço e Superfícies de Cimeira do Ribeirão São Gabriel e, finalmente, as unidades de Chapadas Embutidas e Depressão Interplanática.

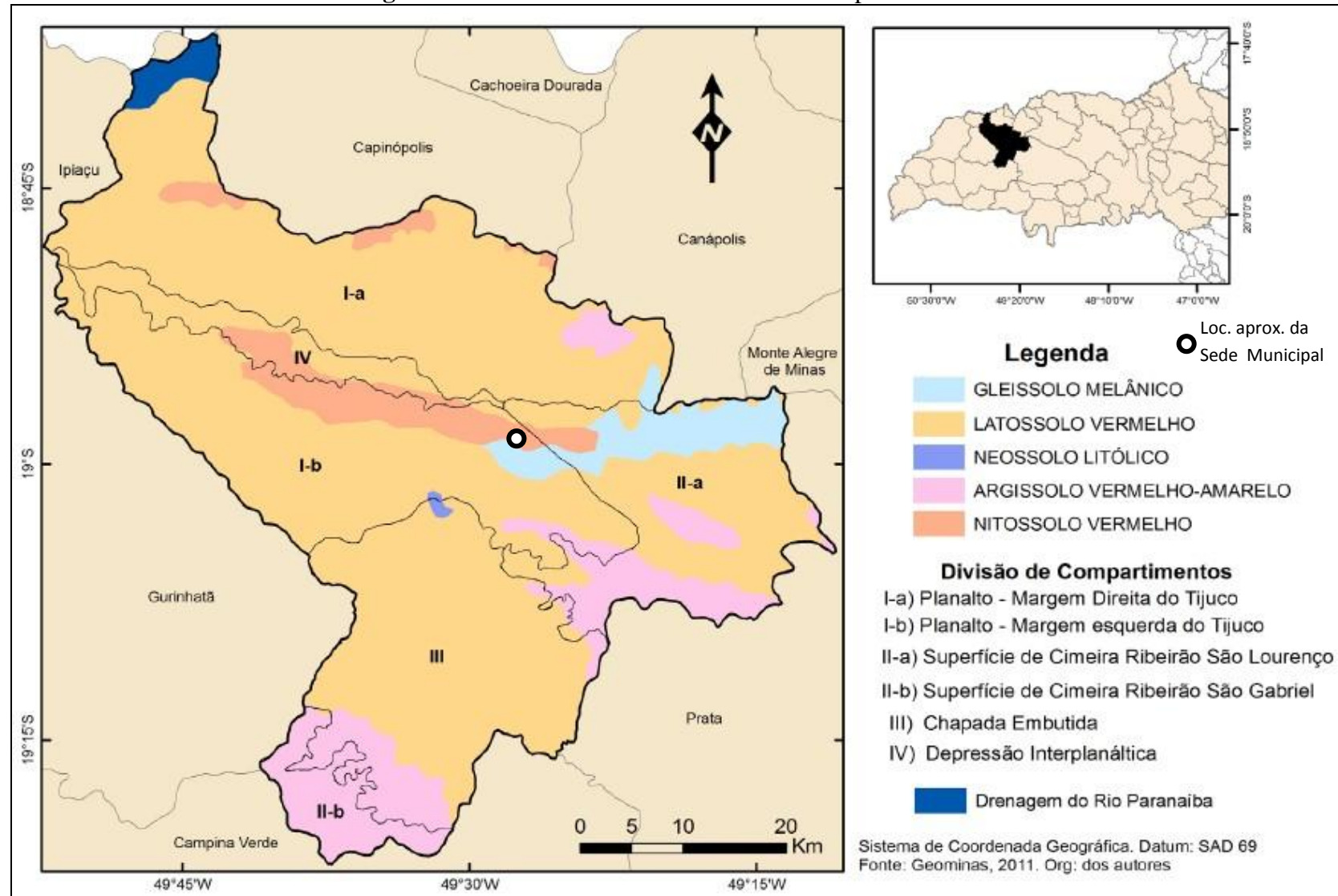
2.2.3. Aspectos Pedológicos

Atualmente o Sistema Brasileiro de Classificação de solos da Embrapa (SANTOS, et. al., 2006) classifica 13 tipos de solos encontrados no território brasileiro, sendo estes: Latossolo, Argissolo, Neossolo, Nitossolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Luvisolo, Organossolo, Planossolo, Plintossolo e Vertissolo.

No Pontal do Triângulo Mineiro, a partir da análise do mapa de solos do estado de Minas Gerais (escala 1:650.000), existem quatro tipos de solos na região onde o município de Ituiutaba-MG está inserido, sendo os Latossolos vermelho, Argissolos vermelho-amarelo, Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos, prevalecendo os Latossolos vermelho.

Se tratando do município de Ituiutaba (MG), Martins e Costa (2014) espacializaram os solos existentes no município (Figura 37) com o objetivo de analisar essas formações superficiais no contexto ambiental. A área delimitada em vermelho corresponde à bacia do Ribeirão São Lourenço. Para os autores, o solo predominante no município é o Latossolo vermelho, ocupando maior porcentagem em todos os compartimentos do relevo definidos. No Planalto da Margem Direita do Tijuco, o Latossolo está presente em 88,34% da área total. No Planalto da Margem Esquerda essa porcentagem é de 80%. Nas áreas de Superfícies de Cimeira a presença de Latossolo vermelho fica assim estabelecida: na superfície do Ribeirão São Lourenço é de 54,6% e do Ribeirão São Gabriel é de 99,4% da área total. Na Chapada Embutida esse solo ocupa 84 % da área e na Depressão Interplanática essa porcentagem é de 94,4%.

Figura 37 - Materiais inconsolidados no município de Ituiutaba-MG.



Fonte: Modificado de Martins, F. P.; Costa, R. A. (2014)

Além do Latossolo, o município ainda apresenta Gleissolo, Neossolo, Argissolo e Nitossolo. O Gleissolo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, é compreendido por

Solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos, não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plúntico se presente deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006, p. 147).

Os Neossolos são caracterizados por serem pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura e não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006). Os Argissolos são solos constituídos por material mineral e apresentam horizonte B textural logo abaixo do A ou E, com "argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B" (EMBRAPA, 2006, p. 101). E os Nitossolos são solos "com 350g/kg ou mais de argila, inclusive no horizonte A, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150cm da superfície do solo" (EMBRAPA, 2006, p. 193).

2.2.4. Aspectos Climáticos

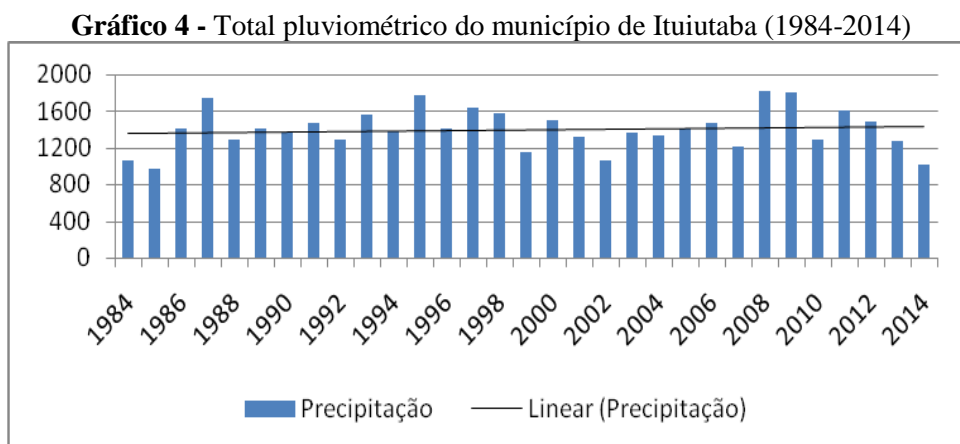
Segundo Mendes e Queiroz (2011) é necessária, na caracterização do clima de uma determinada área, além de uma série histórica de dados climáticos, uma análise da ação conjunta das massas de ar e dos fatores climáticos.

Com relação às massas de ar que atuam no município de Ituiutaba, Mendes (2001 *apud* Mendes e Queiroz, 2011) salientam que as condições de tempo e clima no município estão sob o controle dos sistemas intertropicais e polares, sendo eles:

- Massa Equatorial Continental (MEC): originária da porção noroeste da Amazônia, possui a característica de ser quente e úmida. No verão, recobre grande parte do território brasileiro, produzindo chuvas intensas.
- Massa Tropical Continental (MTC): originária da Depressão do Chaco, caracteriza-se como quente e seca. Essa massa de ar só atua durante o verão, potencializando os sistemas produtores de chuvas tropicais e polares.
- Massa Tropical Atlântica (MTA): originária do Atlântico sul, próximo ao Trópico de Capricórnio, no anticiclone de Santa Helena, configura-se por quente e úmida. No interior do Brasil, é denominada de Massa Tropical Atlântica Continentalizada (MTAc), responsável por temperaturas elevadas e tempo de sua atuação.
- Massa Polar Atlântica (MPA): originária da Patagônia (Argentina), distingue-se por ser fria e seca. Atua durante o ano todo no Brasil, produzindo chuvas frontais no verão e tempo frio e seco no inverno (MENDES, 2001 apud MENDES E QUEIROZ, 2011).

A ação dessas massas de ar juntamente com os fatores climáticos do município são o que caracterizam os regimes pluviométrico e térmico do município, por exemplo. Com relação às precipitações, Ituiutaba (MG) apresenta um regime pluviométrico tipicamente tropical, com chuvas concentradas no verão, estiagem no inverno e as estações de primavera e outono são consideradas de transição. Juntas, estas estações totalizam uma média pluviométrica anual de 1401,4 mm, sendo que 84,7% (1187,3 mm) estão concentrados no primeiro e último trimestre do ano. Já entre os meses de abril a setembro apresentam apenas 15,3% (213,8 mm) da média pluviométrica.

Para essa análise foram utilizados 30 anos de dados (1984 - 2014), em que foi possível obter o total pluviométrico de cada um desses anos e a média mensal desse período (Gráfico 4).



Fonte: ANA (2016) - Estação: 1849000 (Ituiutaba); INMET (2016) - Estação: 83521 (Ituiutaba-MG).
Org.: BRAGHIROLI, T. L. P. (2016)

Considerando o total mensal e anual acumulado de chuva, o ano de maior registro pluviométrico foi 2008, com 1823,7 mm. Já o maior registro mensal desse ano ocorreu em janeiro, com 424,4mm. Já o ano com menor total de chuva foi 1985, com apenas 967,1 mm, apresentando 0% de chuva em maio e julho e a maior média mensal desse ano foi em janeiro, com 286,9 mm.

Com relação à temperatura, Mendes e Queiroz (2011), ao fazerem a caracterização climática do município de Ituiutaba, analisaram os dados de 1987 a 2009 e os resultados demonstraram que as médias mais baixas aconteceram nos meses de junho e julho, com 20,1°C e 20,7°C, respectivamente. Já a média mais alta ocorreu no mês de outubro, com temperatura de 26,7°C. Considerando as médias anuais desse mesmo período,

[...] no ano de 1989, foi registrada a menor média, 23,2°C. A maior foi verificada no ano de 1998 com 25,1°C. Vale ressaltar que as médias mensais e anuais levam a mascarar os picos de temperatura registrados durante as estações de primavera e verão, que ultrapassam, facilmente, os 35°C e as baixas temperaturas causadas pelas incursões das massas de ar frio, com registros inferiores a 10°C (MENDES E QUEIROZ, 2011, p. 339-340).

A umidade relativa do ar no município apresenta média de 71,2% com dezembro e janeiro sendo os meses com maior umidade e os meses de agosto e setembro com menor umidade (COSTA E MARTINS, 2011). Por fim, o clima de Ituiutaba é classificado como "Aw", pela classificação de Köppen (apud Costa e Martins, 2011), onde o "A" aponta que o clima é tropical e chuvoso e o "w" mostra que as chuvas são concentradas no verão. Para esse tipo de classificação, é necessário que o mês mais frio tenha temperatura média superior a 18°C e a precipitação anual tem que ser maior do que a evapotranspiração.

2.2.5. Aspectos Vegetacionais

Sobre a vegetação do município de Ituiutaba (MG), Costa (2011) afirma que em quase sua totalidade há o Cerrado *stricto sensu* mas é comum encontrar veredas nas áreas mais baixas do relevo e nas áreas mais altas, em solos mais desenvolvidos, encontra-se o Cerradão que já foi quase todo desmatado devido ao avanço agropecuário. O Cerrado sentido restrito, para Lima (2014) é caracterizado pela presença de árvores distribuídas aleatoriamente pelo terreno, sendo essas árvores de baixa altura, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e, geralmente, com evidências de queimadas. As Veredas são

definidas pelo Novo Código Florestal (Artigo 3 da Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012) como

[...]fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* - buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas (BRASIL, 2012).

Para Lima (2014), as Veredas exercem um papel fundamental na manutenção da fauna terrestre e aquática do Cerrado porque elas funcionam como locais de pouso, de refúgio, de abrigo e como fonte de alimento. O Cerradão é uma formação florestal do Bioma Cerrado, caracterizado por parecer uma floresta do ponto de vista fisionômico mas floristicamente é mais similar a um Cerrado, com a presença de espécies que ocorrem no Cerrado *stricto sensu* (sentido restrito) e também por espécies de mata. Essa formação apresenta também dossel predominantemente contínuo e a cobertura arbórea é de, aproximadamente 70% com árvores de altura média entre oito e quinze metros (LIMA, 2014).

O Parque Municipal do Goiabal, caracterizado como um remanescente de Cerradão apresenta uma variedade de flora, segundo estudo de Costa (2011), apresentando estratos vegetacionais arbóreo, arborescente, arbustivo, subarbustivo e herbáceos, em menor quantidade. No Quadro 13 é possível observar os gêneros e espécies da flora encontrada no Parque do Goiabal.

Quadro 13 - Fitogeografia do Parque do Goiabal

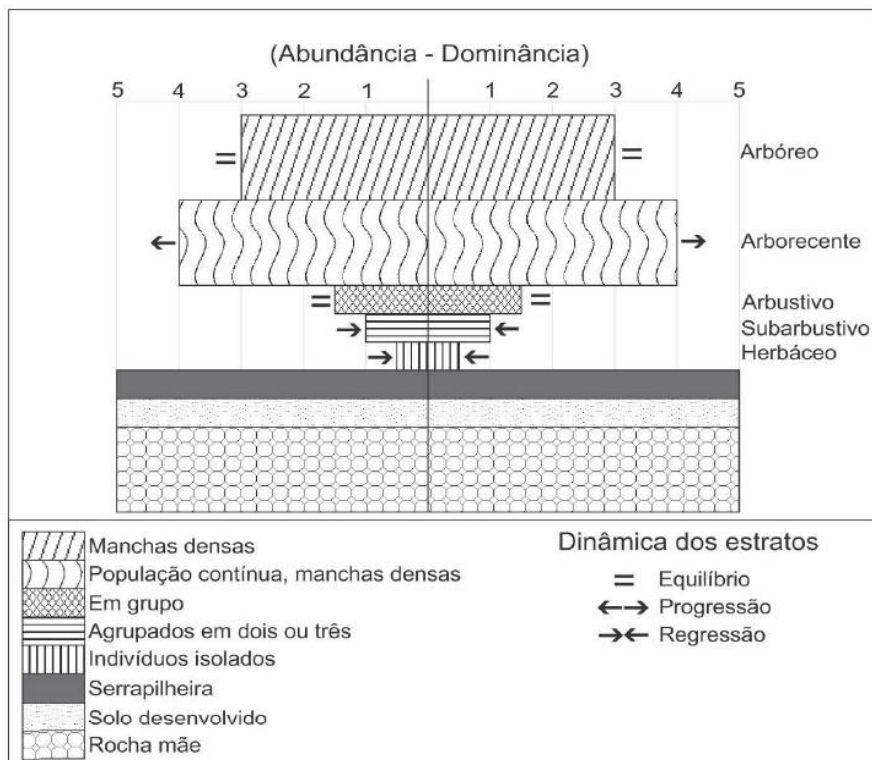
Classificação	Gênero/Espécie	Nome Popular
Espécies Naturais	<i>Acosmium dasycarpum</i>	Amargozinha
	<i>Annora crassiflora</i>	Araticum
	<i>Brosmium gaudichaudii</i>	Sucupira Preta
	<i>Bowdichia virginiloides</i>	
	<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi
	<i>Dimorphandra mollis</i>	Faveiro
	<i>Hymenaea stignocarpa</i>	Jatobá do Cerrado
	<i>Kielmeyera coriacea</i>	Jacarandá
	<i>Roupala montana</i>	Carne de Vaca
	<i>Schefflera macrocarpa</i>	Mandiocão do Cerrado
	<i>Sclerobium aureum</i>	Carvoeiro
	<i>Miconia ferruginata</i>	Cabeça de Negro
	<i>Pouteria ramiflora</i>	Curriola
	<i>Erythroxylum suberosum</i>	Mangaba
<i>Hancornia speciosa</i>		

Espécies Naturais	Gênero/Espécie	Nome Popular
	<i>Qualea multiflora</i>	Pau Terra Liso
	<i>Tabebuia aurea</i>	Ipê Amarelo
	<i>Casearia sylvestris</i>	Lixeirinha
	<i>Cissampelos ovalifolia</i>	
	<i>Palicourea rigida</i>	Bate-Caixa
	<i>Protium ovatum</i>	Breu do Cerrado
	<i>Parinari obtusifolia</i>	Fruto -de-Ema
	<i>Sygarus flexuosa</i>	Como-do-Campo
	<i>Sygarus petraea</i>	Como-de-Vassoura
	<i>Axonopus barbigerus</i>	Capim Flexinha
	<i>Echinolaena inflexa</i>	

Fonte: Adaptado de Costa (2011).

Sobre a dinâmica dessa vegetação na área do Parque, Costa (2011) mostra na análise estrutural da flora que os estratos superiores tem sufocado os estratos inferiores. A Figura 38 apresenta a Pirâmide Vegetacional do Parque do Goiabal, onde é possível observar um potencial para o desenvolvimento de uma estrutural florestal de porte arborescente e os estratos inferiores, subarbustivo e herbáceo estão em constante regressão.

Figura 38 - Pirâmide Vegetacional do Parque do Goiabal



Fonte: Costa (2011).

Sobre a regressão do estrato herbáceo, Costa (2011) salienta que isso ocorre porque "esta área recebe pouca radiação solar, isto pode ser observado na pirâmide de vegetação onde há o predomínio do estrato arborecente cobrindo a maior parte da área em estudo, dessa forma causando sombreamento que na concorrência fitossociológica leva a regressão desse estrato" (COSTA, 2011, p. 78).

Outra característica que deve ser levado em consideração é a presença de serrapilheira, que varia entre 2 e 5 cm. Essa camada composta basicamente de quantidade de resíduos orgânicos despejados das partes aéreas das plantas, para Andrade, Tavares e Coutinho (2003), exerce funções importantes como proteger o solo dos agentes erosivos e fornecimento de matéria orgânica e nutrientes para os organismos do solo e para as plantas.

CAPÍTULO 3

Resultados e Discussões

Nesse capítulo foram expostos e analisados os resultados da pesquisa. Inicialmente realizou-se uma análise da expansão da malha urbana, especificamente na porção sul da cidade de Ituiutaba (MG), mostrando a expansão desde o ano de 2007, com imagens de 2007, 2011, 2013 e 2016.

Posteriormente foi realizada uma análise da degradação ambiental do Parque do Goiabal, exemplificando sua situação atual e como a expansão da malha urbana nas suas proximidades poderia afetar a qualidade ambiental dessa área. De forma mais específica, caracterizou-se a feição erosiva encontrada no interior do Parque, apresentando características e dimensões da erosão.

Apresentou-se também os resultados das análises físicas e químicas do solo dos dois pontos de coleta dentro da feição erosiva e suas relações com os processos erosivos. Por fim, foram apresentadas propostas de recuperação da área, com sugestões a serem aplicadas na própria erosão como nas edificações próximas ao Parque.

3.1 - Análise da expansão da malha urbana na porção Sul da cidade de Ituiutaba (MG)

A porção Sul da cidade de Ituiutaba (MG) tem sofrido transformações nos últimos anos, com a construção de edificações resultantes tanto das ações habitacionais do governo quanto dos loteamentos particulares. A Figura 39 apresenta a malha urbana da porção Sul do município no ano de 2007 e as próximas figuras (Figura 40, 41 e 42) mostram como se deu a ocupação do solo nessa área pelo processo de expansão urbana.

Por meio das imagens, é possível observar que do ano de 2007 até 2016 houve transformações na porção sul da malha urbana do município de Ituiutaba (MG), principalmente entre os anos de 2013 e 2016. Nesse contexto, Chaves (2016) afirma que nos anos 2000, Ituiutaba (MG) passou por um processo marcado pela atuação do capital e do poder público no espaço urbano, o que gerou transformações significativas na paisagem urbana, principalmente, a partir dos investimentos e do lançamento de novos empreendimentos imobiliários.

Figura 39 - Malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2007

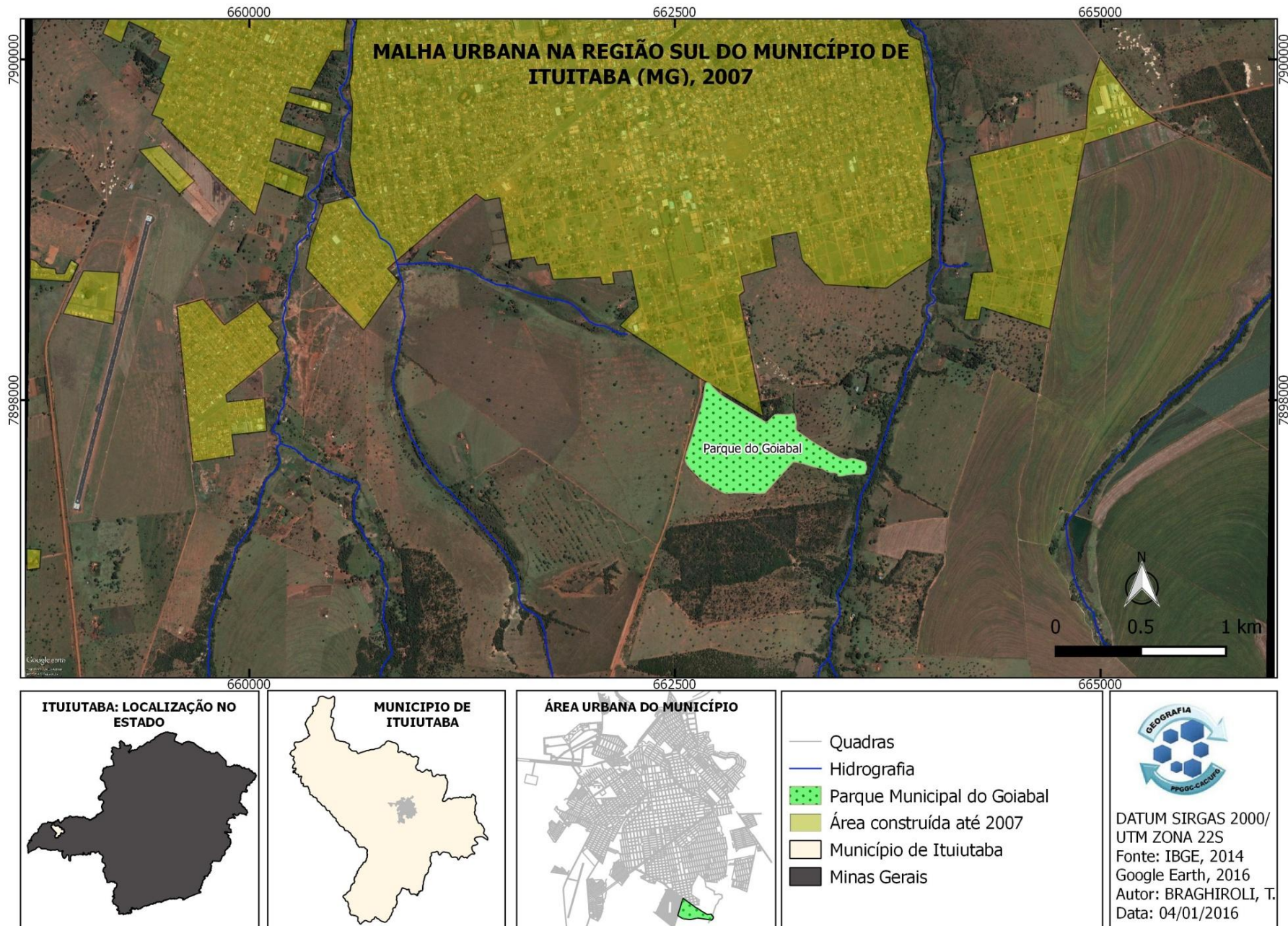


Figura 40 - Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2011

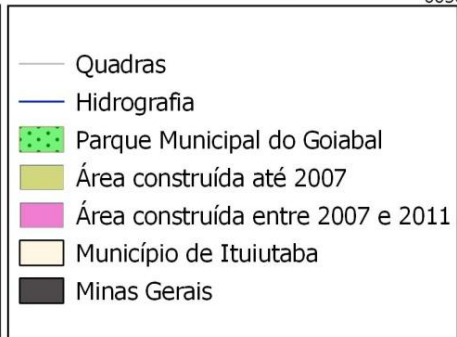
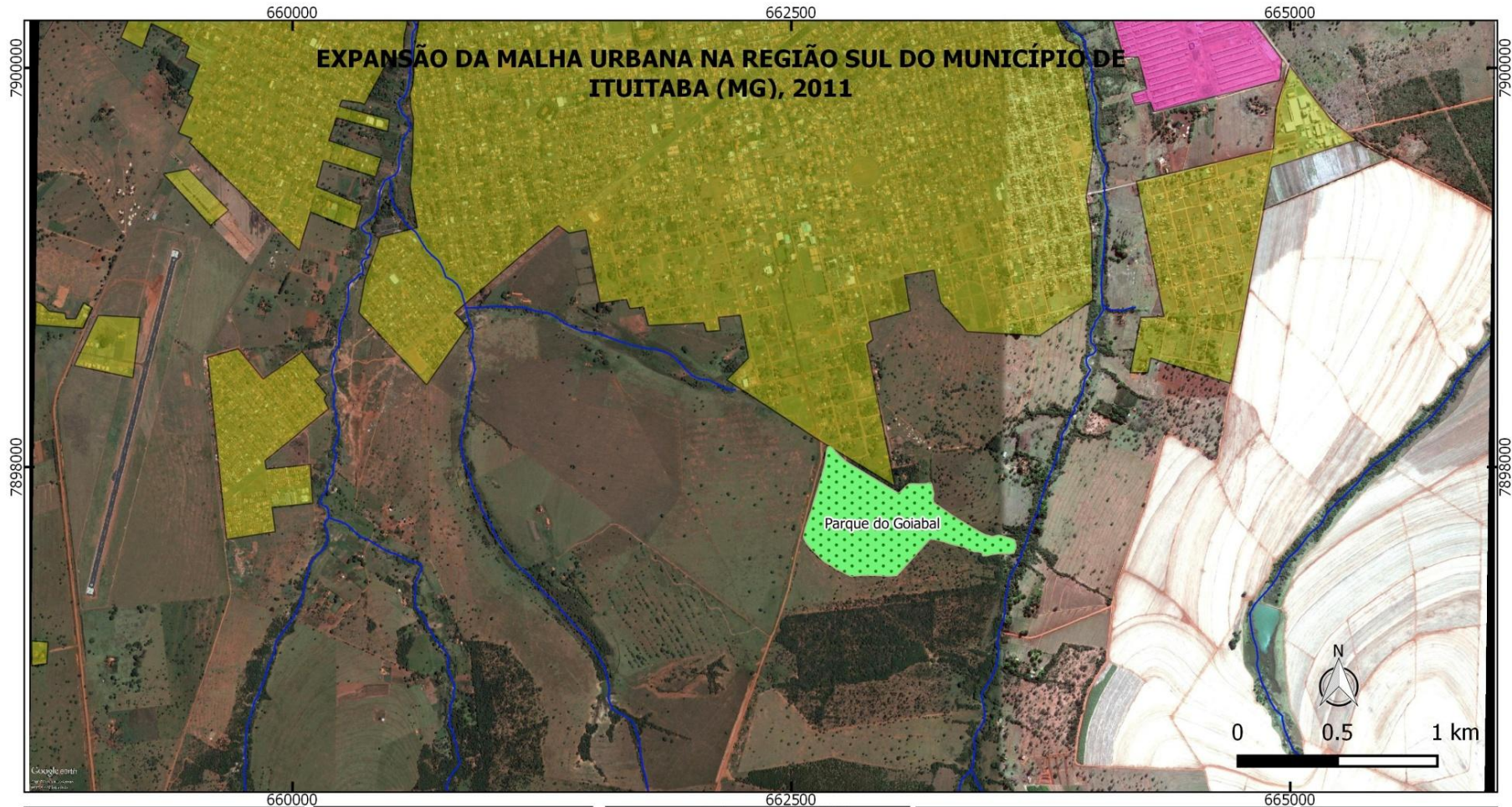
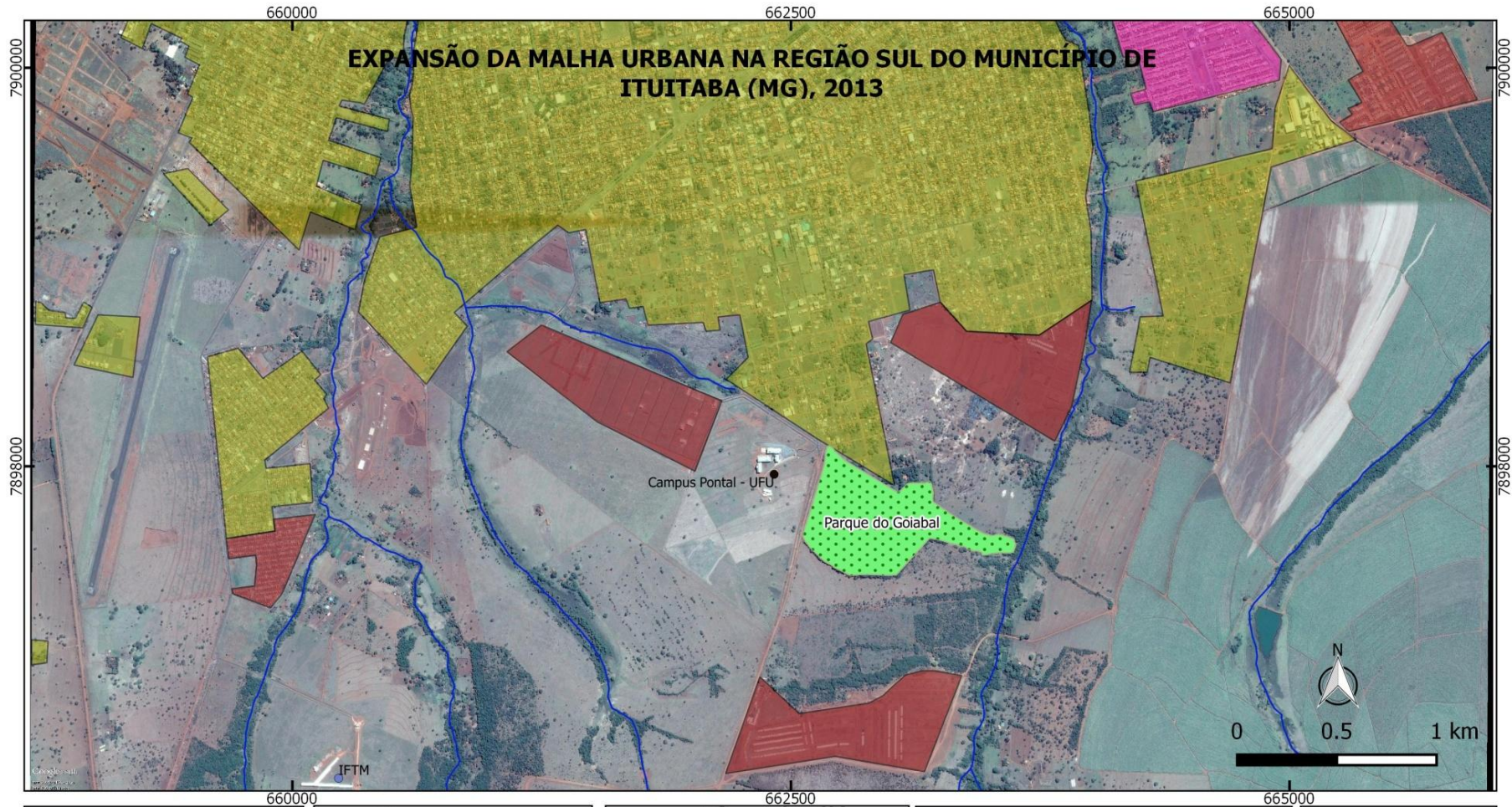


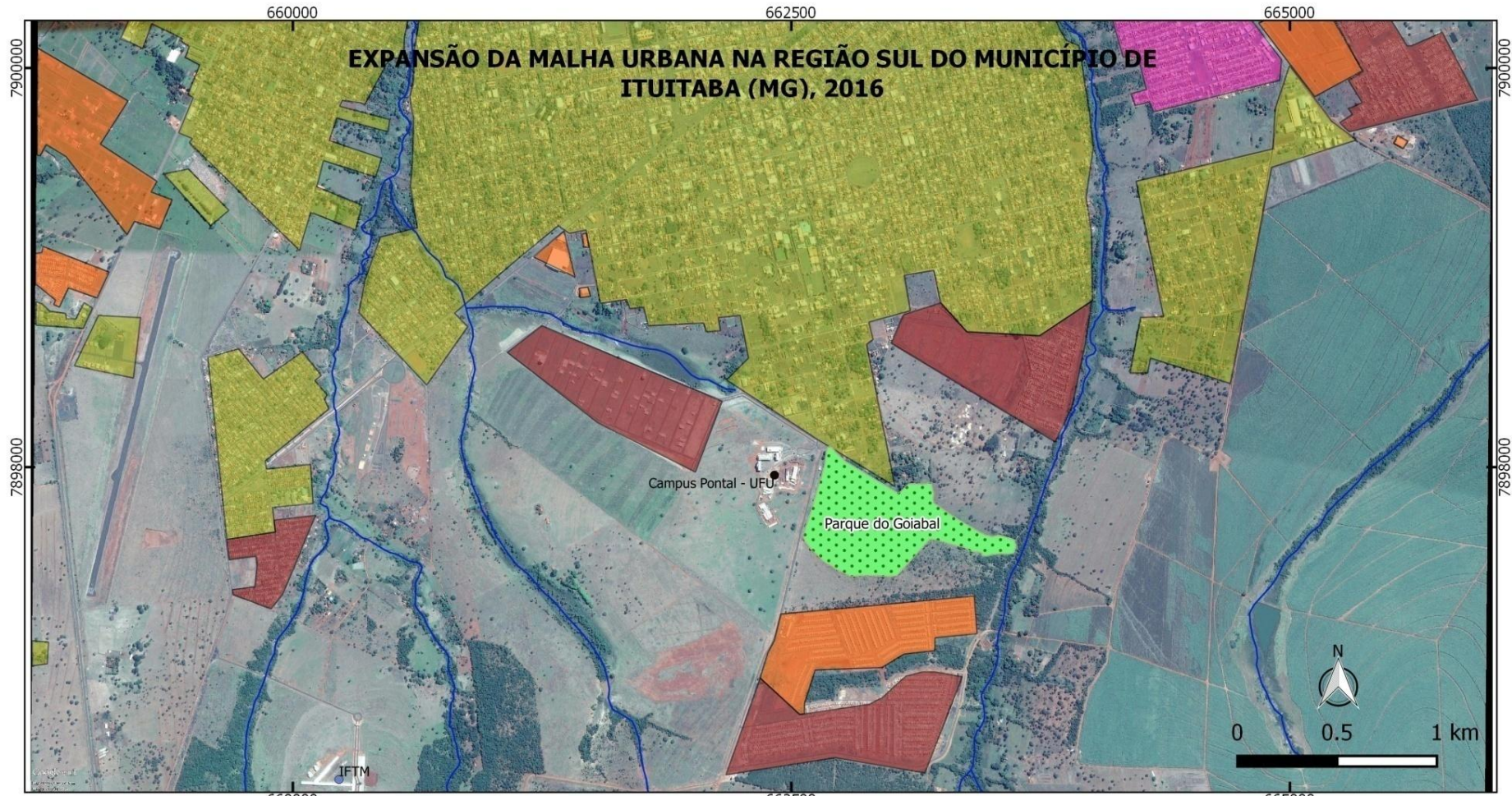
Figura 41 - Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2013



- Quadras
- Hidrografia
- Parque Municipal do Goiabal
- Área construída até 2007
- Área construída entre 2007 e 2011
- Área construída entre 2011 e 2013
- Município de Ituiutaba
- Minas Gerais

DATUM SIRGAS 2000/
UTM ZONA 22S
Fonte: IBGE, 2014
Google Earth, 2016
Autor: BRAGHIROLI, T.
Data: 04/01/2016

Figura 42 - Expansão da malha urbana na porção sul do município de Ituiutaba (MG), 2016



- Quadras
- Hidrografia
- Parque Municipal do Goiabal
- Área construída até 2007
- Área construída entre 2007 e 2011
- Área construída entre 2011 e 2013
- Área construída entre 2013 e 2016
- Município de Ituiutaba
- Minas Gerais

DATUM SIRGAS 2000/
UTM ZONA 22S
Fonte: IBGE, 2014
Google Earth, 2016
Autor: BRAGHIROLI, T.
Data: 04/01/2016

Se tratando dos investimentos e do lançamento desses novos empreendimentos imobiliários, Chaves (2016) mostra que dentro dessas áreas estão

[...] os investimentos subsidiados pelos governos federal e estadual no setor da moradia popular, entre eles o Programa "Minha Casa Minha Vida" (PMCMV). Em linhas gerais, o programa supracitado é considerado uma das principais ações do governo de Luís Inácio Lula da Silva (2003-2010) para solucionar o problema habitacional no país. Foi lançado pela Lei nº 11.977 de julho de 2009, com o desígnio de criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais ou, ainda, à requalificação de imóveis urbanos e à produção ou à reforma de habitações rurais, para famílias com renda mensal de até R\$ 4.650,00. A meta de construção foi de um milhão de unidades habitacionais, compreendendo tipologia de casas térreas (36 m²) ou apartamentos (39m²). Em 2011, a Presidenta da República, Dilma Rousseff (2011-2018), anunciou o lançamento do "Minha Casa Minha Vida II", ampliando a meta para a construção de dois milhões de novas unidades habitacionais, entre os anos de 2011 e 2014 (CHAVES, 2016, p. 40).

É neste contexto que surgem os bairros Nova Ituiutaba I, II, III e IV ao sul do Parque Municipal do Goiabal, apresentando-se descontínuo da malha urbana. O resultado do capital privado tem, próximo ao Parque o Bairro Gerson Baduy construído ao lado esquerdo da área destinada ao Campus do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

Sobre os impactos ambientais no setor Sul da cidade de Ituiutaba (MG) relacionados à ocupação do relevo, Ramalho (2014) mostra em seu estudo que a forma de relevo predominante na cidade é o de colinas com topos suavemente ondulados e o processo de ocupação desse relevo acontece primeiramente nas áreas de topo, expandindo pela vertente até atingir os fundos de vale. Quando esse relevo é ocupado com a implantação de loteamentos, há a impermeabilização do solo que resulta na diminuição da infiltração e no rebaixamento do nível freático que abastece as nascentes dos cursos d'água. Com a diminuição da infiltração nessas áreas de topo, associadas a uma drenagem urbana deficiente, as águas pluviais passam a escoar superficialmente pela vertente, aumentando seu potencial de desencadear processos erosivos acelerados.

Ramalho (2014), acerca dos bairros presentes no setor Sul, salienta que as áreas de topo pertencentes ao Bairro Independência estão em quase sua totalidade impermeabilizados. Esse bairro foi criado em 12/08/1953, possui uma área de 1.447.713,00 m² e possui uma condição socio-econômica A (classe alta). Além disso, segundo Moura e Damasceno (2011), a rede de asfalto, de esgoto e de água eram, em 2003, de 80%, 85% e 90% respectivamente.

Outros bairros pertencentes a esse setor são o Tupã e o Santa Maria, que segundo Ramalho (2014), boa parte das ruas destes não possuem malha asfáltica (Figura 43), ficando essas áreas susceptíveis a ação da água no desencadeamento de feições erosivas devido a

compactação do solo, ocasionado pelo tráfego de veículos e pessoas, aumentando a taxa de escoamento da água da chuva e desagregando e transportando sedimentos. Nesse sentido, é possível identificar feições do tipo sulco nessas áreas.

Sobre as características desses bairros, Moura e Damasceno (2011) mostram que o Bairro Tupã foi criado em 10/12/1970, conta com uma área de 380.450,00 m² e sua condição socio-econômica é classificada como B (classe baixa). Em 2003, o Bairro Tupã apresentava 0% de rede asfáltica, 5% de rede de esgoto e 95% de rede de água. O Bairro Santa Maria também tem a classificação B nos aspectos socio-econômicos, sendo criado em 20/09/1952 com uma área de 507.941,00 m². Sobre a infraestrutura desse bairro, em 2003, a rede de asfalto, de esgoto e de água eram, 0%, 30% e 60%, respectivamente (MOURA E DAMASCENO, 2011).

Figura 43 - Rua sem asfalto no Bairro Tupã



Fonte: Silva, D; Loboda (2013)

Outros bairros que merecem destaque são os Nova Ituiutaba I, II, III e IV, que para Silva, S. (2016) foram construídos em quatro etapas com um total de 1766 casas destinadas a população de baixa renda beneficiadas pelo Programa "Minha Casa Minha Vida". Silva, J. et al. (2015) em seus estudos sobre a aceleração dos processos geomorfológicos nas vertentes dos Bairros Nova Ituiutaba, afirmam que dentre os vários problemas ambientais existentes nessa área estão o depósito de materiais resultantes da construção civil no fundo do vale, a impermeabilização do solo e a falta de infraestrutura adequada para destinação das águas pluviais e a aceleração dos processos erosivos. Nesse sentido é importante destacar que já existe uma feição erosiva do tipo voçoroca entre os Bairros Nova Ituiutaba I e II e que a

cabeceira dessa feição foi terraplanada, de forma irregular, pela empresa responsável e isso pode gerar sérios problemas para a população que habitará nesses bairros (Figura 44) (SILVA, J. et al., 2015).

Figura 44 - Cabeceira da voçoroca presente entre os Bairros Nova Ituiutaba I e II terraplanada



Fonte: Silva, J. et al. (2015)

Nessa porção Sul da cidade existe também o Loteamento Spazio Collina (Bairro Gerson Baduy, resultado do capital privado com 622 lotes residenciais e uma área total de 542.456,38 m². Esse Bairro apresenta um padrão diferente dos bairros pré-existentes à chegada do Campus Pontal da UFU, ou seja, suas características sócio-econômicas são de classe alta e média e está construído, em partes, em uma área onde antes havia uma vereda (BATISTA, PEREIRA, V., PEREIRA, K., 2015).

Esses autores ainda mostram os problemas ambientais na vereda Buritizal ocasionados pelas intervenções da iniciativa privada, como a construção do Bairro Gerson Baduy e das obras públicas de canalização das águas pluviais para o direcionamento das águas para o leito da cabeceira do córrego, resultando no aprofundamento do leito, o arraste de lixo doméstico e a erosão das laterais do canal (Figura 45).

Figura 45 - Galerias de águas pluviais na cabeceira do Córrego Buritizal



Fonte: Batista; Pereira, V.; Pereira, K. (2015)

Com essa análise da expansão da malha urbana na porção Sul do município de Ituiutaba (MG) e os problemas ambientais decorrentes dessa forma de ocupação do relevo, torna-se necessário a apresentação da situação atual do Parque Municipal do Goiabal, que também se encontra no setor Sul da cidade e sofre as pressões desse processo de expansão.

3.2 - Situação atual da área pesquisada

O Parque Municipal do Goiabal, mesmo se tratando de uma Unidade de Conservação, está localizado na área urbana do município de Ituiutaba e por isso, os seus problemas ambientais podem estar diretamente relacionados ao uso que se faz do solo nas áreas adjacentes da UC (Unidade de Conservação). Isso acontece porque, apesar do Parque ter como função principal a preservação e a exploração turística e ambiental, ele apresenta várias situações conflitantes, pois se localiza dentro da área urbana do município e sofre todas as pressões possíveis de uma área urbana.

No sentido de refletir sobre a necessidade de áreas verdes no contexto da cidade contemporânea, Silva, D., Santos e Loboda (2015), demonstram que no início o Parque do Goiabal mantinha uma série de atividades e atrativos, como a presença de várias espécies de

animais como onças, jacarés, cobras e aves, podendo ser caracterizado como o zoológico da cidade e o mesmo era considerado uma importante área de lazer para a população local. Entretanto, com o tempo passou a perecer da falta de manutenção das instalações e infraestrutura, chegando a ser fechado para visitação pública.

Segundo Silva, D., Santos e Loboda (2015), o Parque ficou fechado mais de seis anos, porém o poder público efetuou uma série de tentativas para dar novos usos e funções a esse espaço, com vista no seu tombamento em 10 de abril de 2006 pelo Decreto Municipal nº 5.780. Em 2010 foi iniciada a discussão de reabertura definitiva do Parque, o que só ocorreu em 2012, como pode ser observado nas reportagens do Jornal do Pontal de 2012 e 2013 (Figura 46).

Figura 46 - Reportagens de jornal sobre a reabertura do Parque do Goiabal



Fonte: Silva, D., Santos e Loboda (2015)

Apesar da reabertura, o Parque do Goiabal é ainda pouco frequentado, possivelmente devido as condições ruins, a falta de segurança e de acompanhamento do poder público que vise ampliar as condições de uso da área. Silva, D., Santos e Loboda (2015), em seus estudos sobre as áreas verdes no contexto da cidade tendo o Parque Municipal do Goiabal como objeto de estudo, concluem que

[...]o Parque do Goiabal vem sofrendo o impacto da falta de investimentos, o que, de certa forma, está diretamente relacionado com seu pouco uso, aliás, reiteramos e enfatizamos a ideia de que são os usos que garantem a dinâmica das atividades desenvolvidas num espaço público, caso isso não se configure, o local pode estar fadado a usos que não sejam os mais adequados, podendo chegar ao esquecimento e, por consequência, o desuso. Claro, compartilhamos da perspectiva de que o espaço possa ser o lugar de relações entre os cidadãos e elementos da natureza, assim como o local do lazer, da contemplação, do encontro, da relação com o outro no espaço urbano (SILVA, D.; SANTOS E LOBODA, 2015, p. 30).

Sobre a pressão que essa área vem sofrendo devido a expansão urbana e os impactos ambientais negativos resultantes, já é possível observar na entrada do Parque a construção de vias e casas que impermeabilizam o solo, somada a um sistema de drenagem deficiente, o que resulta em uma diminuição na infiltração das águas pluviais e o aumento da velocidade e volume do escoamento superficial. Esse fluxo de água concentrado, associado à construção de um sistema de drenagem artificial (boca de lobo) que recebe a água da chuva, gera incisões já no início da área do Parque (Figura 47).

Figura 47 - Via de acesso ao Parque do Goiabal



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Ainda nessa via de acesso é possível observar que a força da enxurrada tem causado danos nos blocos utilizados na pavimentação da rua (Figura 48). Importante destacar que a utilização da pavimentação com blocos pré-moldados é uma excelente alternativa para essa área, visto que eles possibilitam a drenagem da água das chuvas através de seus vãos, não permitindo a secagem exacerbada do solo. No caso da via de acesso do Parque do Goiabal, são poucos metros com esse tipo de pavimentação, sendo o restante da rua impermeabilizada

com asfalto, o que faz com que essa pequena área não consiga absorver toda a água proveniente de partes do Bairro Independência e Tupã.

Figura 48 - Ação da enxurrada na pavimentação da via de acesso



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Outro elemento que deve ser considerado são novas construções no Bairro Tupã por conta da instalação do Campus Pontal/UFU nesse mesmo bairro, o que tem causado ainda mais pressão sobre o Parque do Goiabal. Silva, D. e Loboda (2013) ao analisar a produção do espaço urbano, tendo o Bairro Tupã como objeto de estudo demonstraram que há uma nova dinâmica, novos usos e novas funções nessa parte da cidade. Um desses indicativos é a questão das novas construções, sejam elas com a finalidade de repúblicas estudantis ou residenciais. Para esses autores, há no bairro muitas construções espalhadas em várias escalas: "de menor porte, como alicerces de casas, casas quase prontas, outras quase prontas, mas com a construção abandonada; e de maior porte, onde se destaca uma construção em maiores dimensões [...]" (SILVA, D. E LOBODA, 2013, p. 124). É nesse contexto que áreas próximas ao limite do Parque começam a ser utilizadas mais intensamente para a construção civil (Figura 49).

Figura 49 - Construções próximas ao limite do Parque do Goiabal



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Já no interior da Unidade de Conservação é possível observar as obras feitas para o direcionamento das águas para o interior da mesma (Figura 50). Essas canalizações foram feitas pela Prefeitura Municipal de Ituiutaba para desviar as águas pluviais das áreas adjacentes para dentro do Parque, fazendo com que grandes volumes de água cheguem no interior do Parque. A pesquisa de campo evidenciou que no interior do Parque os pontos receptores da água pluvial do sistema artificial de drenagem (bocas de lobo) se dão de forma abrupta em contato com o solo, não existindo nenhum mecanismo de dissipação de energia dessa água, desencadeando processos que resultaram nas grandes feições existentes na área.

Quando a água chega por esse sistema artificial de drenagem, possivelmente um pouco dessa energia é dissipada no instante em que encontra obstáculos como troncos caídos e raízes (por se tratar de uma área com vegetação densa), porém quando ela ultrapassa esses obstáculos, a tendência é que a velocidade do fluxo aumente de acordo com a declividade do terreno, intensificando o processo erosivo acelerado e até mesmo esculpindo novas feições.

Figura 50 - Sistemas artificiais de drenagem encontrados no interior do Parque do Goiabal



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Importante destacar que a Prefeitura já providenciou um estudo e obras que desabilitaram um desses coletores artificiais das águas pluviais, porém o tempo em que eles se mantiveram ativos foi o suficiente para desencadear os processos erosivos que resultaram em feições do tipo ravinas e voçorocas.

Como o Parque também tem a função de turismo e lazer para a população do município, existem trilhas e caminhos para que as pessoas tenham acesso a área social, composta por um bar com área coberta de 49 m², 23 quiosques com mesas e bancos fixos, uma quadra de areia, um estacionamento interno para 50 carros e os banheiros masculino e feminino. Além dessa área construída para o lazer, há uma casa residencial utilizada pelo zelador do Parque.

A criação desses caminhos fizeram com que o solo se compactasse, devido ao tráfego de pessoas e automóveis e ausência de vegetação, deixando o solo exposto, diminuindo assim a taxa de infiltração e aumentando o escoamento superficial que seguindo um fluxo linear, gera feições do tipo sulco (Figura 51).

Figura 51 - Sulcos erosivos nos caminhos/trilhas do Parque



Sulcos erosivos nos caminhos de acesso a área social do Parque do Goiabal

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A acumulação de resíduos sólidos também é um problema que vem afetando a área do Parque do Goiabal, principalmente resíduos provenientes da construção civil. Isso acontece porque a área está em estágio de expansão da malha urbana com a construção de casas próximas a área estudada e muitas vezes não há o descarte correto desses resíduos, sendo esses estes carregados pela água da chuva e até mesmo depositados, propositalmente, em áreas inadequadas. Sobre a variação na produção de sedimentos em decorrência do desenvolvimento urbano, Tucci (1997), salienta que à medida em que a bacia é urbanizada e a densificação consolidada, a produção de sedimentos pode diminuir (Figura 52).

Com a área densamente urbanizada, possivelmente a quantidade de sedimentos resultantes das construções civis diminuiram, entretanto, um problema maior tende a se agravar, que é a produção de lixo que "[...] obstrui ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema somente é minimizado com adequada frequência da coleta e educação da população [...]" (TUCCI, 1997, p. 9).

No Parque do Goiabal há, segundo observações feitas na pesquisa de campo, maior quantidade dos resíduos resultantes da construção civil, como tijolos, blocos de rocha, madeiras, entre outros, que nesse caso foram depositados de forma proposital na área. Já é possível observar também a presença de lixos domésticos, em menor proporção, como garrafas, pedaços de pano e sacos plásticos (Figura 52). Na Figura também é possível

observar o gráfico presente no trabalho de Tucci (1997) onde ele apresenta a variação da produção de sedimentos em decorrência do desenvolvimento urbano.

Figura 52 - Relação produção de sedimentos *versus* desenvolvimento urbano



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Para Costa (2011), outro problema ambiental evidenciado na área do Parque, principalmente nos seus limites, são a presença e a pressão de vegetações exóticas invasoras, como a braquiaria, o capim-jacarandá, mato-pasto, capim gordura e carrapicho.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), espécies exóticas invasoras são definidas como aquelas que ameaçam ecossistemas, habitats ou espécies e essas espécies, por possuírem vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais, são capazes de se proliferar e invadir ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados. Nesse sentido, o MMA ainda afirma que as espécies invasoras são beneficiadas pela degradação ambiental e são bem-sucedidas em ambientes e paisagens alteradas. Para Leão et al. (2011), "a invasão por espécies exóticas é considerada a primeira causa de perda de biodiversidade em Unidades de Conservação" (LEÃO et al., 2011. p. 16). A Figura 53 mostra a localização dessas espécies invasoras no limite do Parque do Goiabal com ênfase na área próxima a entrada.

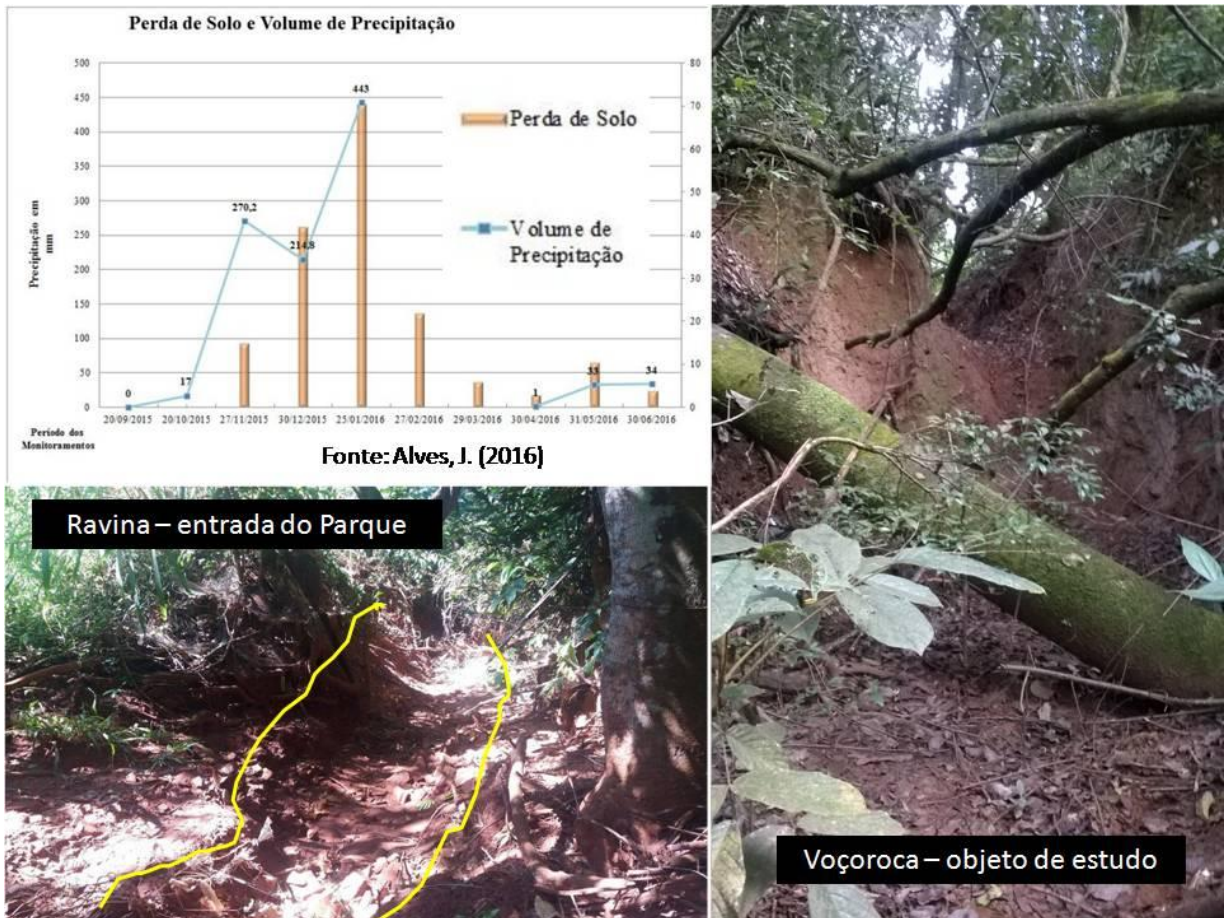
Figura 53 - Vegetações exóticas invasoras

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Outro problema evidenciado dentro do Parque do Goiabal foi a presença de feições erosivas do tipo ravina e voçoroca, que são resultados dos processos erosivos acelerados. No seu estudo sobre a evolução do processo de ravinamento dentro do Parque do Goiabal, próximo ao limite com o Bairro Tupã, Alves, J. (2016) afirma que os pontos da feição que recebem diretamente o fluxo de água concentrado das ruas do bairro são os que apresentam maiores taxas de avanço. Nesse sentido, é possível fazer uma relação direta da aceleração dos processos erosivos dentro da Unidade de Conservação com a estrutura dos arruamentos do Bairro Tupã e a deficiência do sistema de drenagem artificial na área.

Na Figura 54 é possível observar uma dessas ravinas próximas do limite do Parque e o gráfico elaborado por Alves, J. (2016) mostrando a relação entre perda de solo e índice pluviométrico do município de Ituiutaba (MG). Há também na área do Parque do Goiabal feições do tipo voçoroca com dimensões que chegam a mais de cinco metros de profundidade e 12 metros de largura. Esses processos erosivos acelerados também atuam na remoção e transportes das sementes que se encontram no solo além de retirar a camada de serrapilheira, interferindo na dinâmica biogeográfica e no ciclo biogeoquímico da área (COSTA, 2011).

Figura 54 - Feições erosivas e relação perda do solo nas ravinas - Parque do Goiabal



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Apesar de existir esses diversos fatores antrópicos atuando na degradação do solo do Parque do Goiabal por meio dos processos erosivos, existem em algumas ravinas, barreiras feitas de madeira, pedras e arame para barrar a perda de sedimentos. Essa proposta vem no sentido de controlar o processo erosivo e de recuperar a área degradada. Esse procedimento tem como vantagem o baixo custo e a alta durabilidade. Pela pesquisa de campo foi possível observar que esse sistema conseguiu conter a perda de sedimentos por erosão hídrica (Figura, 55a).

Apesar desse método de barreiras ser eficiente na retenção de sedimentos e auxiliar na recuperação de áreas degradadas é necessário que se tenha manutenção para que o resultado seja alcançado. No Parque do Goiabal isso não acontece, visto que algumas barreiras estão destruídas, não retendo mais os sedimentos ou até mesmo já tenha retido sua capacidade máxima de sedimento, fazendo com que os sedimentos mais recentes passem por cima do material retido (Figura, 55b). Quando isso acontece é necessário a instalação de um novo sistema de retenção metros após essa barreira que atingiu sua capacidade para que os sedimentos que passarem sejam retidos nesse novo sistema.

Figura 55 - Barramento para controle do processo erosivo



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

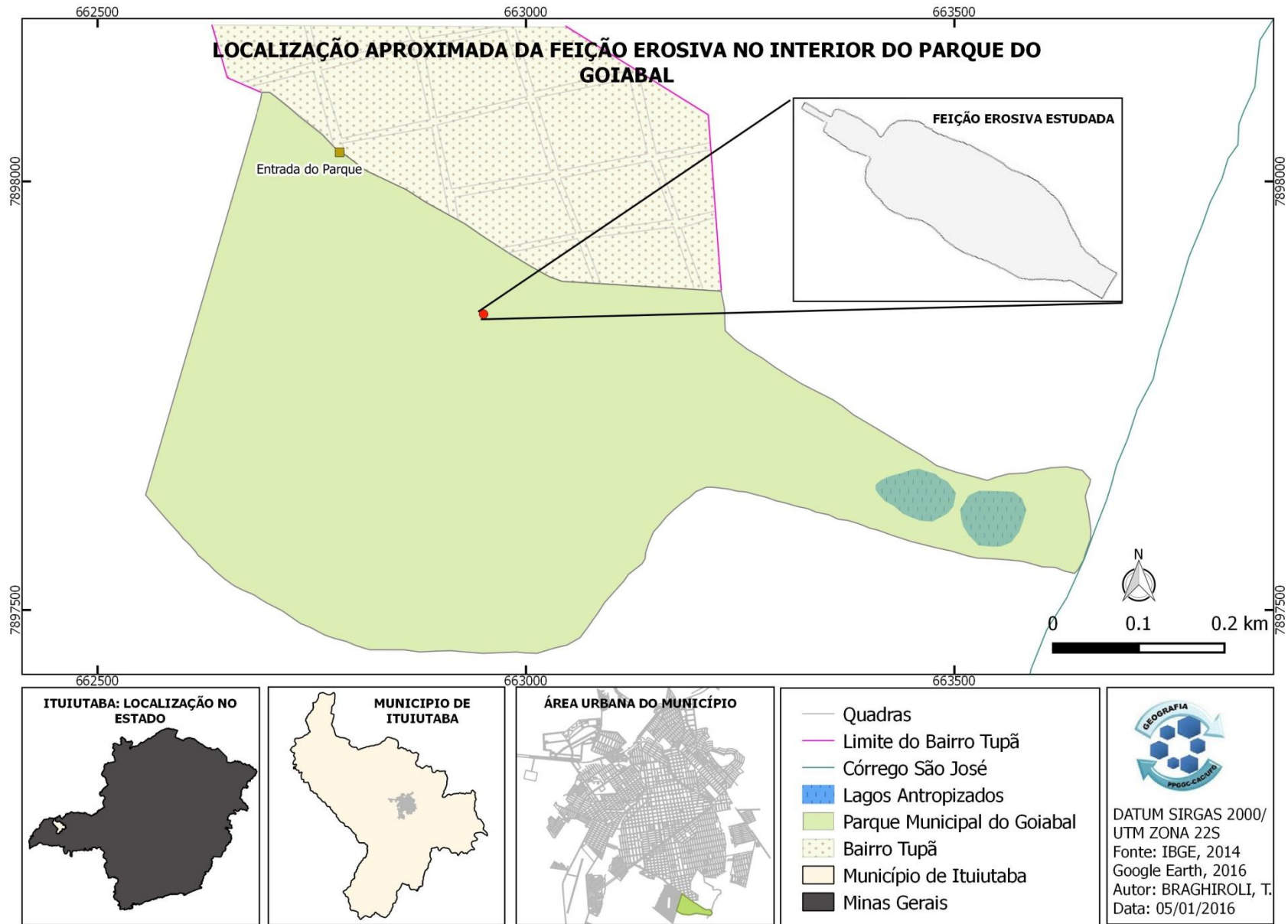
Com essa apresentação dos problemas ambientais que o Parque Municipal do Goiabal vem sofrendo, a feição erosiva de grande porte é o objeto central desse estudo. Com isso, recorre-se à necessidade de localizar essa feição dentro da Unidade de Conservação e caracterizá-la quanto as suas dimensões.

3.3 - Localização e Caracterização da feição erosiva

A feição erosiva, objeto de análise desse estudo, está localizada no interior do Parque Municipal do Goiabal há poucos metros da trilha principal de acesso a área social do Parque e razoavelmente próxima do limite da Unidade de Conservação e do bairro Tupã. Não há dados de quando as feições erosivas de grande porte foram desencadeadas na área, mas sim que esse problema ambiental já foi detectado e propostas de recuperação foram aplicadas, conforme exposto no item anterior.

A voçoroca surge após, aproximadamente, 86 metros de uma ravina linear de 1 metro de profundidade. Além dessa voçoroca, como já mencionado, há uma ravina na entrada do Parque que se estende por quase toda a área próxima ao limite do Parque com o bairro Tupã. A Figura 56 mostra a localização aproximada da feição erosiva estudada.

Figura 56 - Localização aproximada da feição erosiva no interior do Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG)



Essas características da drenagem fazem com que a quantidade de água desviada para o interior do Parque do Goiabal pelas bocas de lobo, ou seja, em fluxos concentrados, seja superior à capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial e o potencial erosivo da água no solo do Parque.

Com relação às dimensões, a feição erosiva estudada apresenta três pontos com características distintas quanto a profundidade e largura. Inicialmente, a feição pode ser definida como uma ravina por apresentar forma retilínea, alongada, estreita, sendo a largura nesse parte da erosão de 2,5 m. A profundidade é de 1 m e se mantém constante nos quase 86 m da feição (Figura, 57a).

Nos próximos 7,5 m da erosão, as dimensões variam de forma brusca, ou seja, a largura da erosão passa para 3,6 m e a profundidade aumenta para 2,6 m. Nessa parte da feição já é possível observar a presença de dutos nos taludes e maior concentração de serrapilheira (Figura, 57b). Após esses 7,5 m a feição aumenta novamente de forma abrupta, passando para uma profundidade de 5,6 m e a largura passa a ser de 12,4 m (Figura, 57c). Nessa porção da erosão também é possível verificar a presença de dutos (*pipings*) e ação do efeito *splash* no talude da erosão.

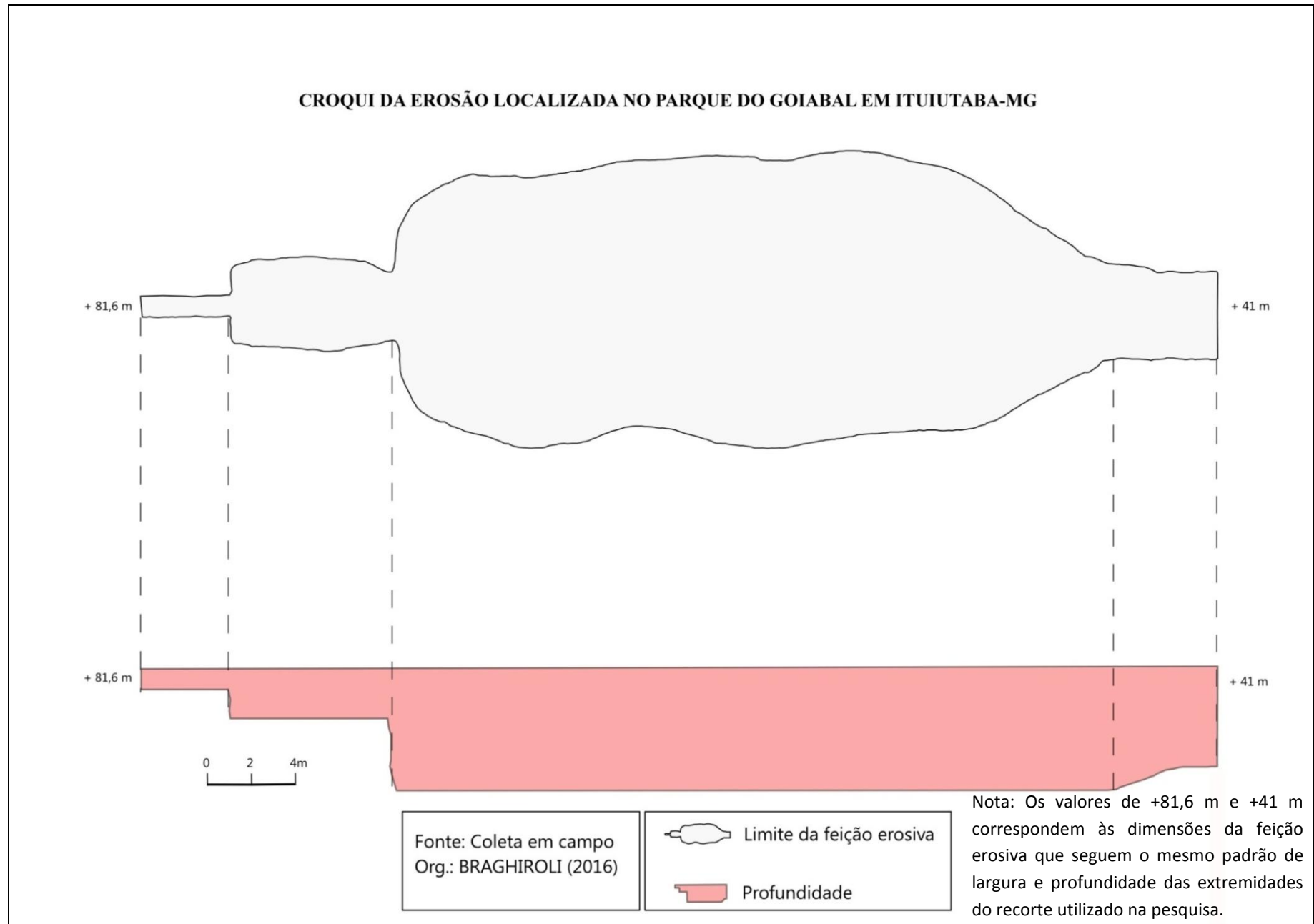
Figura 57 - Profundidades e características da feição erosiva.



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A erosão não pode ser observada por imagens de satélite devido a vegetação densa do Parque do Goiabal e, por isso, foi necessário a elaboração do croqui com informações referentes as dimensões de largura e profundidade (Figura 58). Com a delimitação da feição erosiva foram feitas algumas análises no solo da área para melhor entender como as características do solo poderiam condicionar a dinâmica erosiva para o aparecimento de erosões de grande porte na área.

Figura 58 - Croqui da feição erosiva localizada no Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG)

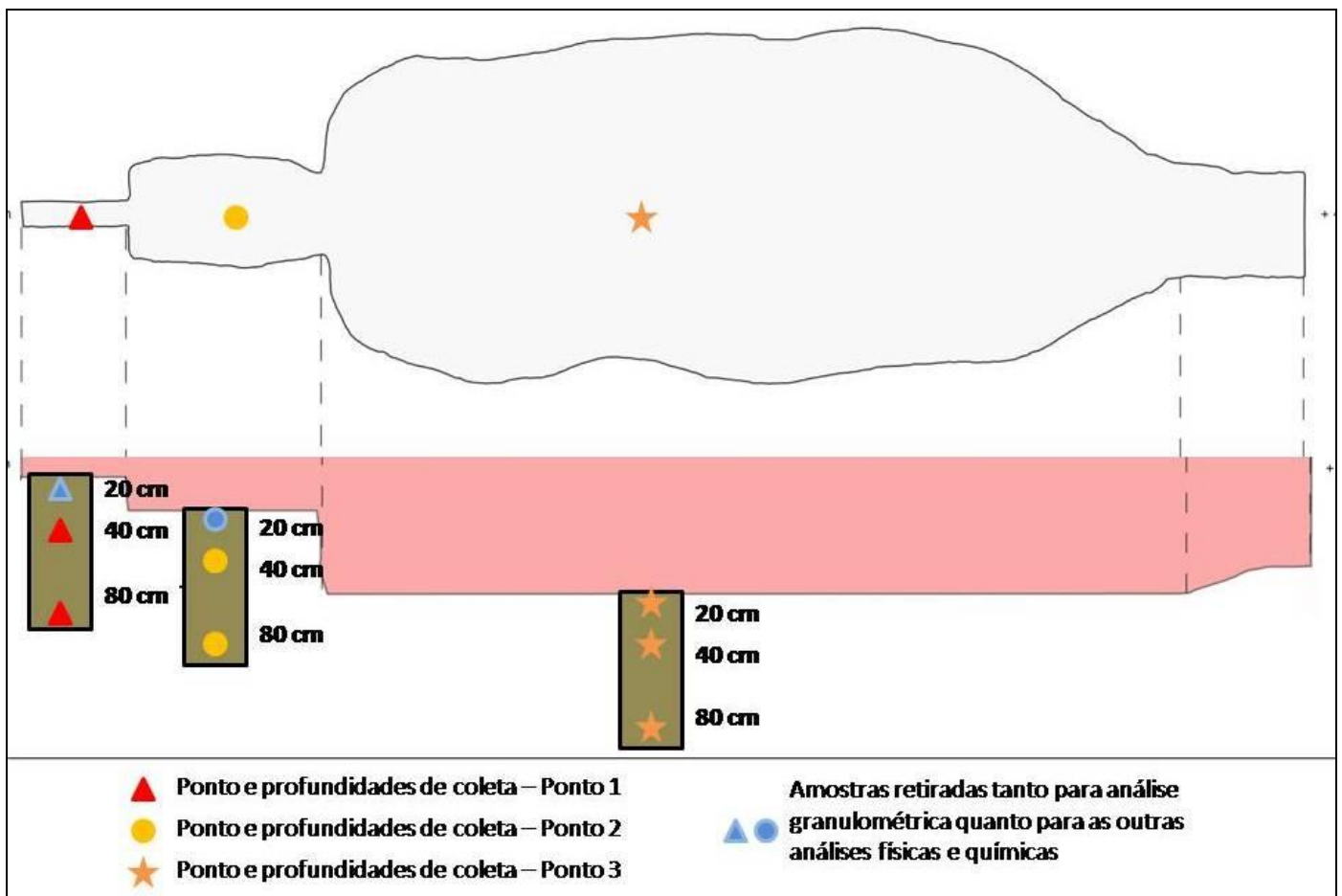


3.4 - Características físicas e químicas do solo

Para fornecer as reais propriedades dos solos analisados, estes passaram por análises físicas e químicas conforme especificado nos procedimentos metodológicos desse trabalho. A Figura 59 mostra os pontos aproximados de coleta do material pedogenético para análise, salientando que para o ensaio de granulometria foram utilizadas três profundidades em cada ponto em três pontos diferentes. Esses pontos foram escolhidos devido às diferenças de profundidade, largura e características visuais do solo.

Importante destacar que, para as outras análises físicas (densidade de partículas, umidade gravimétrica, e compactação) e as análises químicas (matéria orgânica e pH) foram retirados materiais superficiais (profundidade de 0 - 20 cm) em dois pontos. Não foi possível coletar amostra no Ponto 3 devido às condições da área e a escolha pelo material superficial está relacionada à camada que sofre diretamente a ação da água, do escoamento superficial.

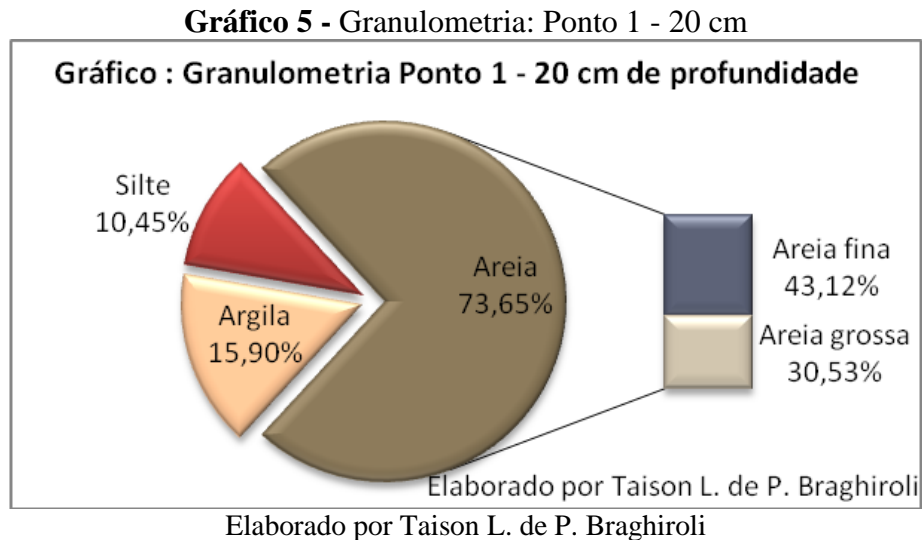
Figura 59 - Pontos de coleta do solo para análise laboratorial



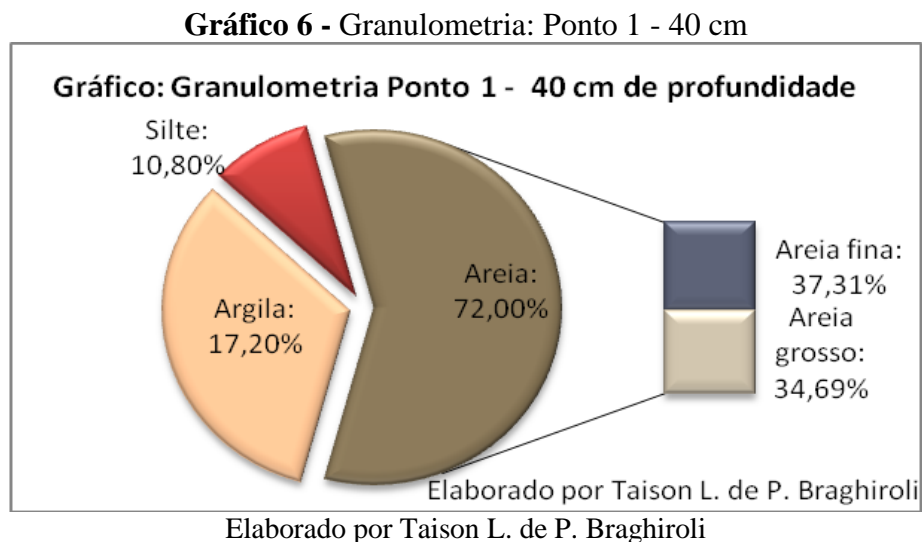
Elaborado por Taison L. de P. Braghioli

3.4.1 - Análise granulométrica dos solos

No ponto 1, na profundidade de 20 cm o solo é constituído por 73,65% de areia, sendo 43,12% de areia fina e 30,53% de areia grossa, 15,90% de argila e 10,45% de silte. Esse solo pertence à classe textural Franco Arenosa (Gráfico 5).

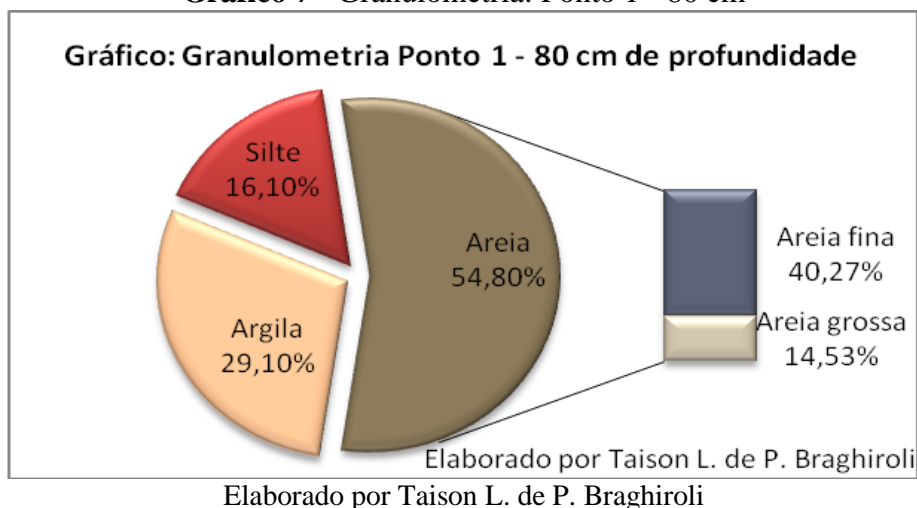


O solo presente na profundidade de 40 cm do Ponto 1 apresenta 72% de areia (37,31% de areia fina e 34,69% de areia grossa), 17,20% de argila e 10,80% de silte e devido a essas características ele pertence à classe textural Franco Arenosa (Gráfico 6). Para Vieira (1988), essa classe textural é caracterizada por ser um material que contenha até 20% de argila e a porcentagem de silte mais o dobro da porcentagem de argila devem ser maiores que 30% e a quantidade de areia deve ser igual ou superior a 52% da amostra.



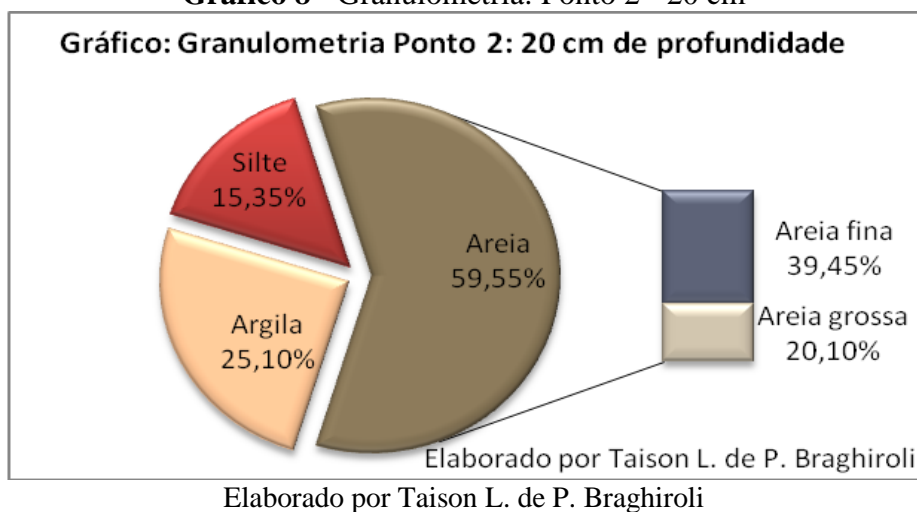
A 80 centímetros de profundidade do Ponto 1 o solo está constituído de 54,80% de areia, sendo 37,31% de areia fina e 34,69% de areia grossa. A argila corresponde 17,20% da amostra e o silte 16,10% (Gráfico 7). Com relação à textura, essa amostra pertence a classe textural Franco Argila Arenosa, pois é um material que contém porcentagem de argila entre 20 e 35%, menos de 28% de silte e 45% ou mais de areia (VIEIRA, 1988).

Gráfico 7 - Granulometria: Ponto 1 - 80 cm



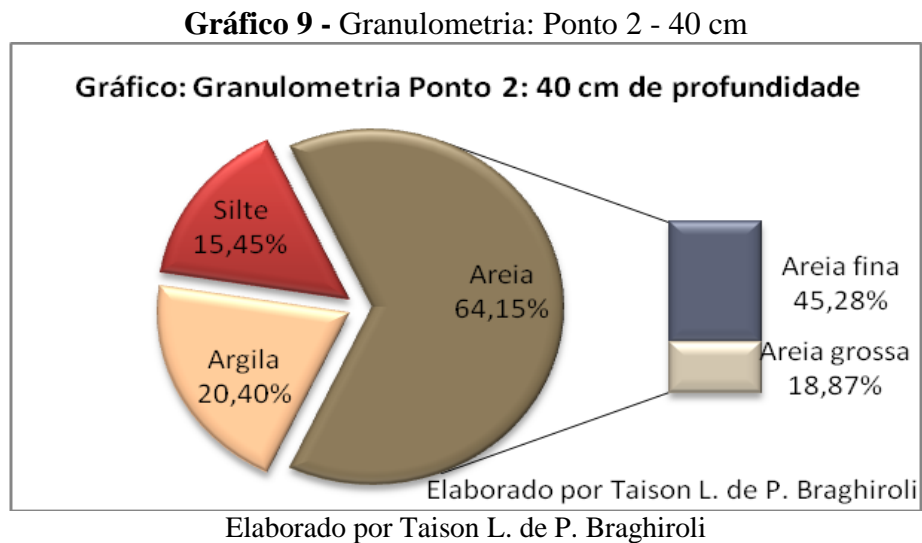
No ponto 2 da análise, na profundidade de 20 cm, o solo apresenta 59,55% de areia, sendo 39,45% de areia fina e 20,10% de areia grossa. A argila ocupa 25,10% da amostra e o silte 15,35%, o que o caracteriza como uma textura Fraco Argila Arenosa (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Granulometria: Ponto 2 - 20 cm

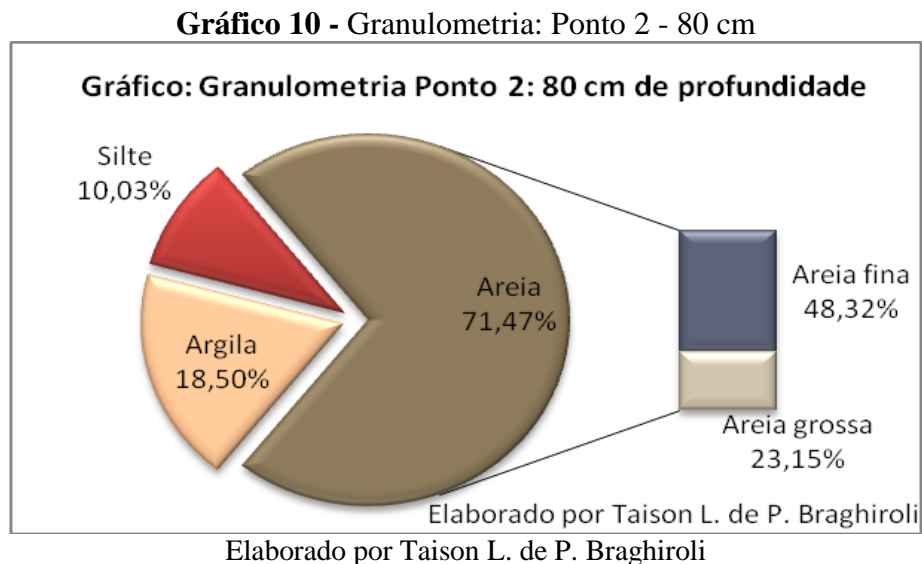


Na profundidade de 40 cm, o solo do Ponto 2 apresenta 45,28% de areia fina e 18,87% de areia grossa, totalizando 64,15% de areia. A argila ocupa 20,40% do material analisado e o

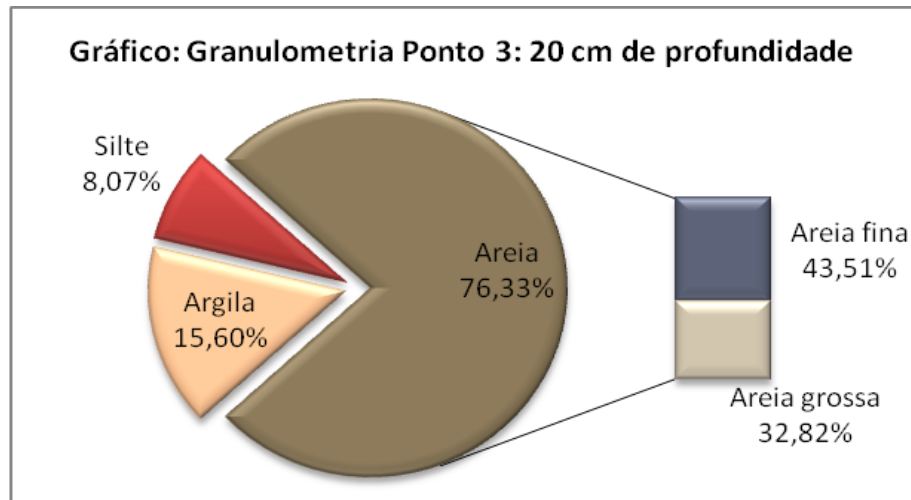
silte, 15,45%. Esses dados, aplicados ao triângulo textural apresentam, também, textura Franco Argila Arenosa (Gráfico 9).



Aos 80 cm de profundidade, o solo apresenta 71,47% de areia (48,32% de areia fina e 23,15% de areia grossa). A porcentagem de argila é de 18,50% e a de silte é de 10,03%, sendo esse solo caracterizado como Franco Arenoso, segundo o triângulo textural proposto pela USDA (Gráfico 10).

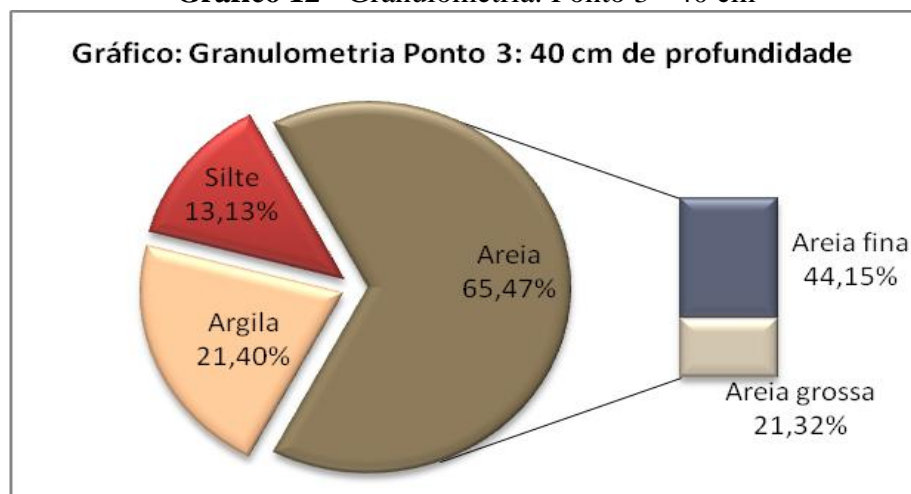


No ponto 3, área mais profunda da coleta para análise, as características granulométricas do solo nos 20 cm de profundidade são, conforme o Gráfico 11 de 76,33% de areia, sendo 43,51% de areia fina e 32,82% de areia grossa. Essas porcentagens caracterizam o solo como Franco Arenoso.

Gráfico 11 - Granulometria: Ponto 3 - 20 cm

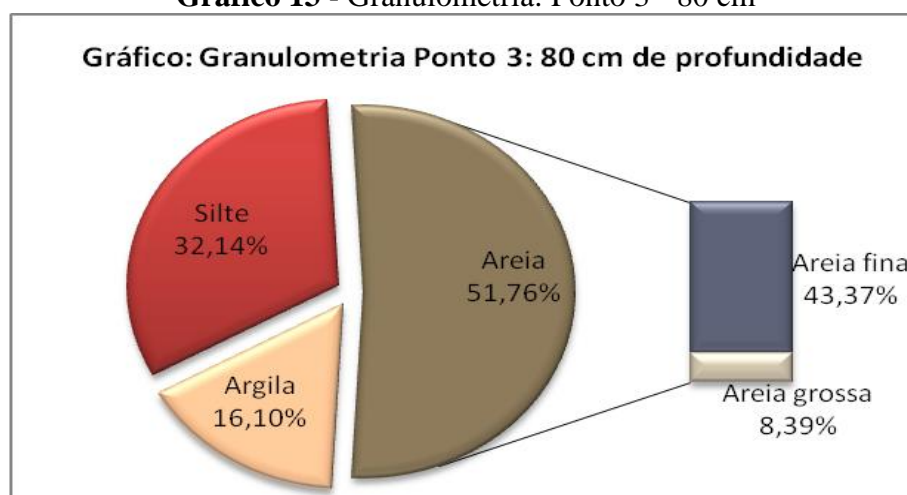
Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A amostra dos 40 cm apresenta 65,47% de areia (44,15% de areia fina e 21,32% de areia grossa), 21,40% de argila e 13,13% de areia. Texturalmente, esse solo é considerado Franco Argilo Arenoso (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Granulometria: Ponto 3 - 40 cm

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Na amostra retirada aos 80 cm do ponto 3, os 43,37% de areia fina e os 8,39% de areia grossa totalizam 51,76% de areia. A argila compõe 16,10% e o silte 32,14% (Gráfico 13). A classe textural pertence à textura Franca.

Gráfico 13 - Granulometria: Ponto 3 - 80 cm

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

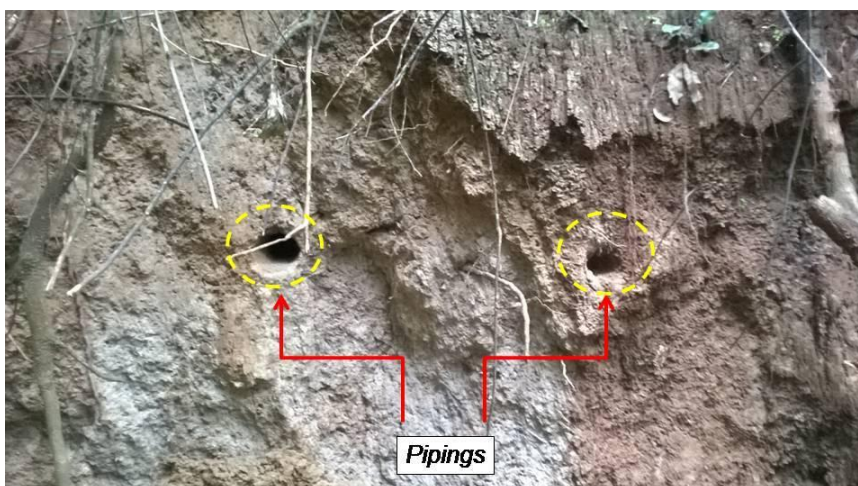
A partir desses dados, é importante salientar que a textura do solo é um fator importante no estudo da erodibilidade, pois ela influencia nos processos de desagregação e transporte dos sedimentos. As partículas grandes do solo (cascalhos, seixos e até mesmo a areia grossa) são mais resistentes ao transporte, necessitando de um fluxo de água (no caso da erosão pluvial) mais intenso para que possam ser deslocadas. Já os solos argilosos resistem mais à desagregação das partículas devido ao formato e disposição das argilas, fazendo com que o solo tenha uma característica plástica, com maior coesão entre as partículas, retendo mais água que os outros tipos de solo e tendo maior resistência à ação da água, mesmo com baixa permeabilidade.

A areia fina e o silte são texturas mais suscetíveis ao processo erosivo. A areia porque ela tem pouca ou quase nenhuma coesão entre as partículas, não possuindo plasticidade, podendo ser facilmente transportada, além de ter uma reduzida retenção de água devido aos grandes espaçamentos entre essas partículas, fazendo com que a água passe com facilidade pelos poros, o que facilita a drenagem. O teor de silte também afeta a erodibilidade dos solos, visto que quanto maior o teor dessa partícula, maior será a suscetibilidade dos solos a serem erodidos pois eles têm maiores tendências de formação de crosta na parte superficial do solo, impedindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial (OLIVEIRA, F. et al., 2011).

Com isso, no Ponto 1 tem-se um solo com porcentagem de areia maior que 70% nas profundidades de 20 e 40 cm e mais de 50% a 80 cm de profundidade, o que caracteriza como alta a erodibilidade desse solo. Importante notar também que a quantidade de argila aumenta com a profundidade e isso pode fazer com que ocorram pipings (dutos) nas camadas inferiores do solo pois a argila, como já exposto, é pouco permeável, fazendo com que a água

que infiltra nas camadas superficiais passe a percorrer em fluxo subsuperficial nessas camadas acima de onde a porcentagem de argila é maior, levando sedimentos. Nas paredes da feição erosiva estudada existem alguns desses dutos que podem estar relacionados, além da ação de animais, a essas mudanças texturais (Figura 60).

Figura 60 - Pipings no talude da feição erosiva



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

O ponto 2 já apresenta características opostas ao Ponto 1, ou seja, a medida que a profundidade aumenta, a quantidade de areia também aumenta e a de argila diminui, frisando que a porcentagem de areia fina é o dobro ou mais comparado com a areia grossa nas três profundidades analisadas. Isso faz com que a água infiltrada nas camadas superficiais consiga percolar verticalmente no solo pelos micros e, principalmente, pelos macroporos.

No ultimo ponto de análise, no assoalho mais profundo da feição, as amostras mostram que ainda há maior porcentagem de areia fina nas profundidades analisadas, porém aos 80 cm há um aumento considerável no quantidade de silte, ocupando 32,14% da amostra mais 43,37% de areia fina, o que segundo Oliveira, F. et al. (2011), o caracteriza como um solo com maior susceptibilidade a erosão. Isso ocorre porque essas partículas são pequenas e leves, possuem pouca ou nenhuma coesão, sendo facilmente desagregadas e carregadas pelo escoamento superficial ou pelo efeito splash, quando o solo está desprovido de cobertura vegetal, formando as crostas.

3.4.2 - Análise da densidade de partículas

A densidade de partículas é a relação entre a massa de solo seco e o volume dos sólidos do solo, ou seja, é a relação entre a fração sólida da amostra e o seu volume, sem

considerar a porosidade. Esse índice é utilizado comumente, junto com a densidade do solo, para a determinação da porosidade total do solo, porém nesse caso, a densidade de partículas foi determinada para identificar os possíveis minerais presentes no solo. Isso é possível porque cada mineral tem uma faixa de densidade, conforme Quadro 14. Esse dado também foi necessário para a elaboração da curva de saturação do solo.

Quadro 14 - Densidade de partículas de diferentes minerais

Mineral	Densidade de partículas (grãos) - g/cm ³
Feldspato	2,59 - 2,90
Mica	2,70 - 3,20
Caulinita	2,60 - 2,65
Montmorilonita	2,50 - 2,80
Ilmenita	4,50 - 5,00
Quartzo	2,65
Goetita	4,40
Magnetita	5,17
Hematita	5,20

Fonte: SILVA, 2007

Segundo a EMBRAPA (2006), a densidade de partículas da maioria dos solos minerais geralmente varia entre 2,6 e 2,75, porém os solos com alto teor de matéria orgânica têm a densidade de partículas menores que 2,65, pois a matéria orgânica tem massa menor comparada aos minerais. No Parque Municipal do Goiabal, nos dois pontos de análise, a densidade de partículas pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 - Densidade de partículas dos pontos analisados

Pontos	Densidade de partículas (grãos) - g/cm ³
Ponto 1	2,73
Ponto 2	2,82

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A densidade de partículas do solo presente no Ponto 1 é de 2,73 g/cm³ e isso indica a presença de Feldspato, Mica e Montmorilonita, que são argilominerais. O Ponto 2 tem a

densidade de partículas 2,82 e esse valor caracteriza a presença de Feldspato e Mica no solo, que também são argilominerais.

Para Silva (2007), os argilominerais apresentam influência considerável na susceptibilidade do solo ao processo erosivo, visto que a argila resultante dos processos químicos em cada mineral apresenta características distintas, como por exemplo, as argilas do tipo Montmorilonitas aumentam a plasticidade do solo, dificultando a desagregação das partículas.

3.4.3 - Análise da umidade gravimétrica

A umidade gravimétrica deve ser entendida como a relação entre a água presente no solo e massa do solo seca. As amostras foram coletadas após, aproximadamente, 16 horas após uma chuva intensa característica do fim de primavera e início de verão na região onde o município de Ituiutaba (MG) está inserido. A Tabela 3 apresenta os valores da umidade presente nos solos analisados.

Tabela 3 - Umidade gravimétrica dos pontos analisados

Pontos	Umidade gravimétrica - %
Ponto 1	14,88
Ponto 2	19,86

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Nota-se que a umidade gravimétrica no Ponto 2 é maior que a do Ponto 1 sob as mesmas condições de coleta e análise. Esse resultado está diretamente relacionado com a matéria orgânica presente no solo, o que será melhor explicitado no item referente aos resultados da matéria orgânica presente nos solos analisados do Parque Municipal do Goiabal. Importante destacar também que a umidade do solo influencia diretamente a resistência do solo e também a compactação, visto que as características físicas, principalmente a granulométrica associada à umidade do solo, pode favorecer a uma maior ou menor compactação desse solo, o que será discutido no item 3.4.4 com a curva de compactação.

3.4.4 - Análise do ensaio de compactação

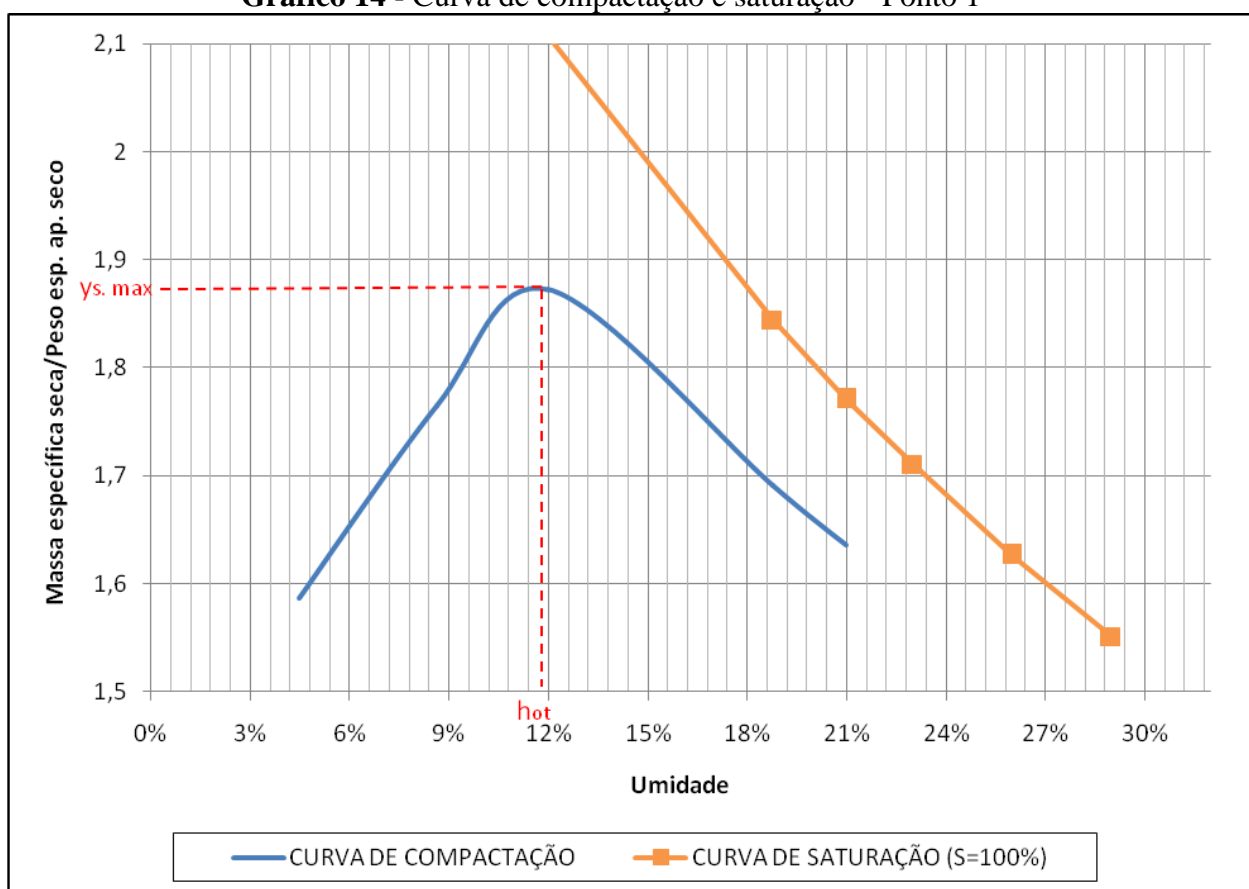
A compactação de um solo resulta na redução da infiltração devido ao adensamento das partículas, aumentando o escoamento superficial da água, além de dificultar o crescimento de plantas e a absorção de nutrientes pelo solo. Esse processo pode ser eficiente em obras de engenharia devido ao aumento da resistência do solo, mas se tratando de uma compactação, resultando do pisoteio do gado na área rural e de trilhas/caminhos em áreas sob vegetação nativa, como é caso do Parque do Goiabal, pode causar danos ambientais, como a intensificação de processos erosivos. Na Tabela 4 estão os dados obtidos no ensaio de compactação do solo presente no Ponto 1, com as porcentagens de umidade e o peso específico aparente seco correspondente a cada umidade.

Tabela 4 - Dados do ensaio de compactação - Ponto 1

Ponto 1	UMIDADE	PES. ESP. APARENTE SECO
Ensaio 1	0,00%	1,59
Ensaio 2	4,47%	1,59
Ensaio 3	8,62%	1,76
Ensaio 4	11,99%	1,87
Ensaio 5	18,76%	1,69
Ensaio 6	21,00%	1,64

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Pela Tabela 4 é possível observar que foram feitos seis ensaios com umidades diferentes para caracterização do solo sob aspectos da compactação. Dos seis ensaios, três ficaram com uma umidade inferior a Umidade Ótima de Compactação (UOC), com um peso específico aparente seco crescente. A umidade do Ensaio 4 ficou próxima da UOC, atingindo quase o peso específico máximo de compactação e os dois últimos ensaios tiveram umidade acima da UOC, fazendo com que o peso específico aparente seco diminuísse. Isso acontece porque a partir de determinada umidade, a compactação já não consegue mais expulsar o ar dos vazios em decorrência do elevado grau de saturação do solo e o ar fica envolvido pela água, ou seja, a quantidade de sólidos em um teor de umidade acima da UOC é menor, diminuindo o peso específico aparente seco. O Gráfico 14 apresenta a curva de compactação e saturação do solo presente no Ponto 1.

Gráfico 14 - Curva de compactação e saturação - Ponto 1

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

O Gráfico apresenta a relação da umidade e a massa específica ou peso específico aparente seco do solo analisado. A umidade ótima de compactação desse solo é de 11,99% e a massa específica máxima de compactação é de 1,87.

No Ponto 2 também foram realizados seis ensaios, sendo três com umidade abaixo da umidade ótima de compactação, um próximo a essa umidade e dois acima e cada umidade com o seu respectivo peso específico aparente seco. A Tabela 5 apresenta esses resultados.

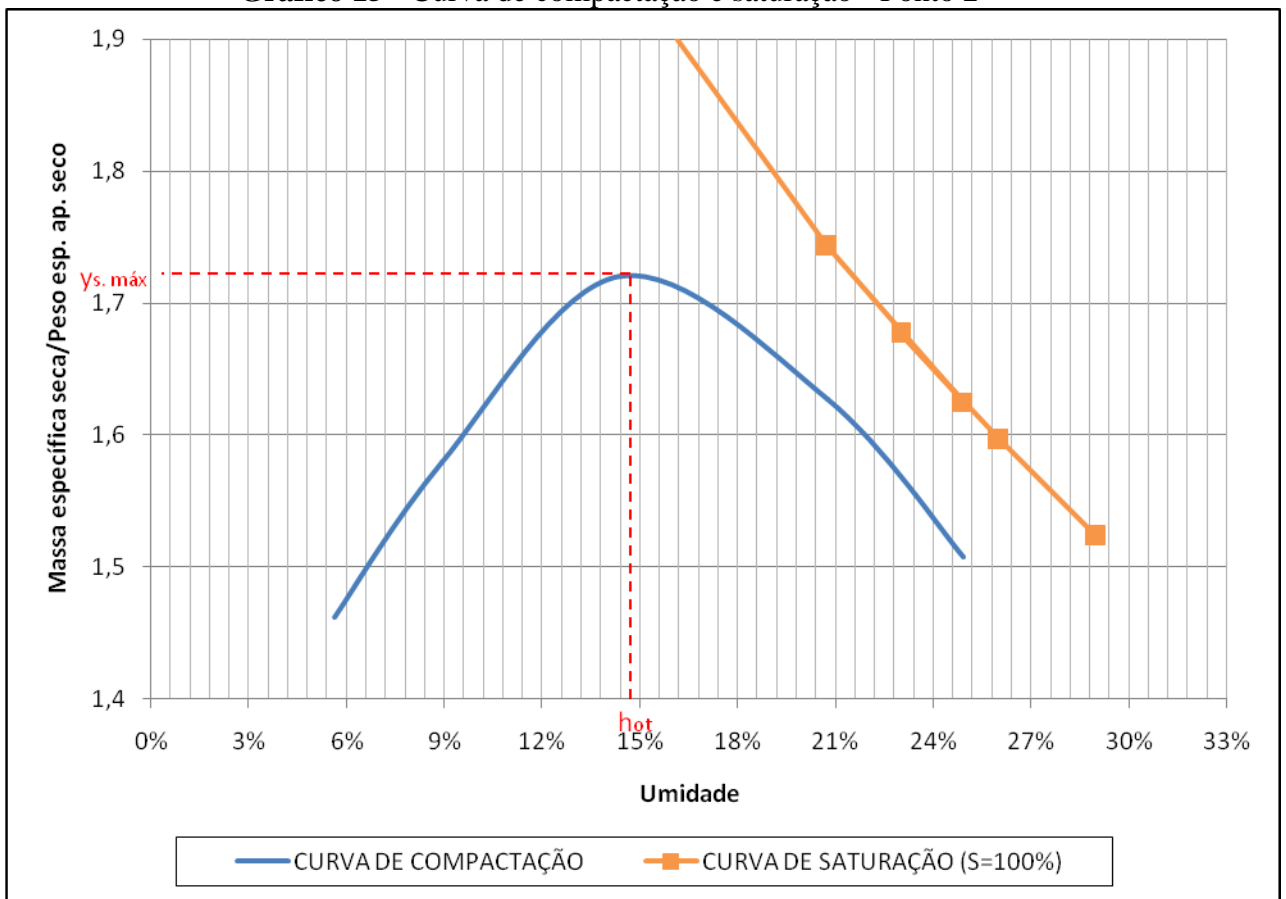
Tabela 5 - Dados do ensaio de compactação - Ponto 2

Ponto 2	UMIDADE	PES. ESP. APARENTE SECO
Ensaio 1	0,99%	1,43
Ensaio 2	5,62%	1,46
Ensaio 3	8,92%	1,58
Ensaio 4	14,38%	1,72
Ensaio 5	20,74%	1,63
Ensaio 6	24,91%	1,51

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A partir desses dados foi elaborado a curva de compactação e saturação desse solo, determinando a umidade ótima de compactação e o peso específico aparente seco máximo de compactação, além da saturação para diferentes massas específicas secas, levando em consideração a densidade de partículas (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Curva de compactação e saturação - Ponto 2



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

A umidade ótima de compactação (UOC) desse solo é de 14,38% e a massa específica seca máxima de compactação é de 1,73. A análise desses dados, comparando o solo do Ponto 1 e o solo do Ponto 2 fornecem informações relevantes sobre as características desse solo, visto que há algumas diferenças consideráveis de uma curva para outra.

Para Luciano et al. (2012), as classes de solo possuem comportamentos diferentes quando submetidos à compactação por causa das variações de texturas, da mineralogia, do teor de matéria orgânica, da umidade. De forma geral, maiores teores de argila e de matéria orgânica fazem com que a massa específica seca seja reduzida e a umidade ótima de compactação aumente, pois as frações de argila e matéria orgânica retêm mais água do que as frações de silte e areia. A recíproca também é verdadeira, ou seja, solos com maiores teores de

areia, quando submetidos à compactação, apresentam densidade máxima do solo maior e umidade ótima de compactação reduzida devido as características granulométricas já mencionadas.

Outro elemento que deve ser levado em consideração na análise das curvas é a quantidade de matéria orgânica presente no solo. A quantificação de matéria orgânica presente nos solos analisados do Parque do Goiabal estão presentes na seção 3.3.5. Quanto maior o teor de matéria orgânica na amostra, menor será a densidade máxima, pois a densidade da matéria orgânica é aproximadamente 1 g/cm^3 , enquanto a densidade das partículas minerais do solo está em torno de $2,6 \text{ g/cm}^3$. Por outro lado, a umidade ótima de compactação aumenta com o aumento da matéria orgânica e isso acontece devido a alta capacidade de retenção de água da matéria orgânica. Segundo Mello et al. (1978), a matéria orgânica é capaz de absorver de 4 a 6 vezes o seu próprio peso de água. Sendo assim, os solos com maior teor de matéria orgânica precisam de mais água para diminuir a coesão e o atrito interno entre as partículas (LUCIANO et al., 2012).

Isso aplicado nas duas amostras de solo analisadas do Parque do Goiabal, tem-se no Ponto 1 um solo (retirado na profundidade 0 - 20 cm) de textura Fraco Arenosa, com 73,65% de areia e 15,90% de argila e menor quantidade de matéria orgânica que o Ponto 2. Já o solo (retirado na profundidade 0 - 20 cm) do Ponto 2 pertence a classe textural Fraco Argila Arenosa, com 59,55% de areia e 25,10% de argila e possui maior teor de matéria orgânica comparado com o Ponto 1.

A umidade ótima de compactação do Ponto 1 (11,99%) é menor que a do Ponto 2 (14,38%) e a massa específica seca do Ponto 1 (1,87) é maior que a do Ponto 2 (1,72), confirmando que solos com maior teor de areia e/ou silte necessitam de menos umidade para atingirem o ponto máximo de compactação. A massa específica seca é maior nesses solos devido a maior densidade das partículas minerais presentes. Por outro lado, o solo do Ponto 2 apresenta maior porcentagem de argila e matéria orgânica, que retém mais água e a matéria orgânica possui menor densidade do que os minerais, fazendo com que a curva apresente dados com maior teor de umidade e menor densidade para o ponto máximo de compactação.

Aplicando esses dados na dinâmica do Parque Municipal do Goiabal, é necessário pensar na compactação do solo nos caminhos/trilhas feitos para o acesso de pessoas e veículos no interior dessa Unidade de Conservação. Já é possível observar, como mostrado, feições erosivas do tipo sulco nessas trilhas, possivelmente devido ao fluxo de pessoas e veículos de diversos tipos (carros, motos, bicicletas), que resultaram na compactação do solo, diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial, desagregando e transportando as

partículas do solo. Mesmo não fazendo análises específicas no solo presente nas trilhas, possivelmente eles apresentam elevada quantidade de areia, estando exposto (ou seja, sem cobertura vegetal), ficando mais susceptíveis a erosividade da chuva.

3.4.5 - Análise da matéria orgânica

Mello et al. (1978) no seu estudo sobre os efeitos da matéria orgânica na capacidade de retenção de umidade, salientam que a matéria orgânica exerce importantes atuações sobre várias características do solo, sobretudo na capacidade de retenção de umidade.

Para Lafayette et al. (2005 apud Fernandes, 2011), a matéria orgânica é um importante elemento na estabilidade dos agregados do solo, sendo um dos principais fatores controladores da hidrologia na superfície do solo. Para esses autores, quando o teor de matéria orgânica é inferior a 3,5%, o solo é caracterizado como erodível.

Lepsch (1982), salienta que a taxa de decomposição da matéria orgânica varia em função das condições de temperatura e umidade, isto é, em áreas mais frias e úmidas o índice de decomposição é menor, resultando em maiores teores de matéria orgânica. Em áreas mais quentes e secas essa taxa de decomposição é maior, o que resulta em menores índices de matéria orgânica. Em seu estudo sobre a relação entre matéria orgânica e textura do solo sob dois tipos de cultivos diferentes, Lepsch (1982) encontrou elevada correlação entre os teores de carbono e os de argila, ou seja, em solos com maior porcentagem de argila, a concentração de matéria orgânica é maior do que em solos arenosos, por exemplo. A Tabela 6 apresenta o teor de matéria orgânica encontrados nos solos analisados do Parque do Goiabal.

Tabela 6 - Matéria orgânica presente nos solos analisados

Pontos	Matéria Orgânica - %
Ponto 1	2,28
Ponto 2	3,31

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Com base nos dados tem-se no Ponto 2 maior concentração de matéria orgânica, possivelmente devido a maior quantidade de argila nessa parte da feição erosiva estudada. Importante destacar que mesmo apresentando baixa concentração de matéria orgânica, segundo Lafayette et al. (2005 apud Fernandes, 2011), a concentração de carbono nos dois

pontos analisados apresenta porcentagem superior do que a matéria orgânica encontrada por Lepsch (1982) em solos profundos, bem drenados e em clima tropical sob cultivo de algodão e cana de açúcar. Nessas condições, a porcentagem de matéria orgânica encontrada por Lepsch (1982) foi de 1 a 1,8% para solos de textura média (franco arenoso - encontrado no Ponto 1 e franco argilo arenoso - encontrado no Ponto 2).

A matéria orgânica também influencia diretamente a umidade do solo e a partir dos resultados da umidade gravimétrica encontrados nas duas amostras analisadas pode-se observar que o Ponto 2, que apresenta maior teor de matéria orgânica e maior porcentagem de argila foi capaz de reter mais umidade do que o Ponto 1 sob as mesmas condições.

Outra característica que deve ser levada em consideração na análise da matéria orgânica no solo do Parque Municipal do Goiabal são os aspectos vegetacionais, pois o Parque é considerado um remanescente de Cerradão. Essa Unidade de Conservação apresenta, como já mencionado, segundo o estudo de Costa (2011), extratos vegetacionais nos níveis arbóreo, arborescente, arbustivo, subarbustivo e herbáceo com predominância do ciclo biogeoquímico que supre as necessidades de nutrientes da vegetação. Um elemento que está associado a essas características é presença e a boa qualidade da serrapilheira, que varia entre 2 e 5 cm, auxiliando na melhora de algumas características do solo como o aumento da fertilidade, a resistência ao processo erosivo e o aumento no teor de matéria orgânica do solo, contribuindo para a agregação dos agregados, melhorando os índices de porosidade e capacidade de retenção de água.

3.4.6 - Análise do pH das amostras

O potencial hidrogeniônico (pH) de um solo tem ligação direta com o teor de matéria orgânica, visto que, quanto maior o valor do pH menor é a concentração de matéria orgânica no solo. No caso das amostras analisadas não ocorreram variações significativas, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos solos analisados

Pontos	pH	Temperatura (°C)
Ponto 1	6,30	27,2
Ponto 2	6,39	27,2

Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

Segundo a EMBRAPA (2006), o pH é analisado em uma escala de zero a 14, em que sete indica o pH neutro. Valores abaixo de sete indicam acidez e acima indicam alcalinidade. No caso dos solos do Parque, eles são considerados ácidos por apresentarem pH inferior a 7. Mas Silva (2007) salienta que esse condicionante natural do solo pode ser afetado pelo lançamento indevido de drenagens de águas pluviais com pH superiores ao do solo, ocasionando uma mudança nesse potencial e resultando em uma maior facilidade na desagregação das partículas, acelerando o processo erosivo.

3.5. - Propostas de recuperação

A partir da análise da área, torna-se essencial a apresentação de propostas para recuperação ou, pelo menos, minimização desse problema ambiental presente no Parque do Goiabal no município de Ituiutaba (MG). Em se tratando de metodologias que possam ser aplicadas diretamente na feição erosiva, existem práticas não estruturais, como as técnicas de barramento dos canais superficiais, que mesmo sendo indicadas para contenção dos estágios iniciais da erosão linear, também contribuem para a estabilização de ravinas. Esta estabilização é uma etapa fundamental para o controle do processo de voçorocamento, pois diminui a intensidade e o volume do escoamento superficial que chega na voçoroca, aumentando a taxa de infiltração nas áreas onde essa metodologia é aplicada.

Essa metodologia de barramento consiste na formação de uma barreira mecânica no solo, sendo elaborada com diversos materiais, como madeiras, bambus, cercas de arame, sacos de rafia, pneus, paliçadas vivas, entre outros. As paliçadas devem ser cravadas verticalmente no solo em locais onde há maior fluxo de sedimento para que esses sedimentos sejam retidos e a água que escoar superficialmente no solo reduza sua velocidade, diminuindo seu potencial de desagregação e transporte. Além da eficácia dessa metodologia, ela é considerada uma técnica economicamente viável devido ao pouco ou nenhum investimento financeiro para a instalação e manutenção.

Como já discutido anteriormente, no Parque Municipal do Goiabal existem algumas dessas barreiras feitas com madeira, cercas de arame e fragmentos de rochas e a quantidade de sedimentos retidos nessas áreas de contenção mostraram a eficácia dessa metodologia. Entretanto, algumas dessas barreiras já perderam sua capacidade de sedimento, sendo necessário então, a instalação de novas barreiras para que os sedimentos continuem retidos

nas ravinas, diminuindo o processo e as dimensões das feições existentes no interior do Parque. A Figura 61 apresenta uma dessas barreiras construídas em uma das ravinas presente no interior do Parque do Goiabal.

Figura 61 - Sistema de barramento aplicado no interior do Parque do Goiabal



Elaborado por Taison L. de P. Braghiroli

É possível perceber na Figura 61 que essa barreira já não atingiu a sua capacidade máxima de retenção de sedimento, comprovando a eficácia dessa metodologia e a necessidade de novas barreiras. Quando se fala em erosão urbana, além de se pensar em metodologias de contenção na própria feição é necessário, também, apresentar propostas ligadas diretamente à dinâmica da drenagem do município de Ituiutaba (MG), especificamente na porção Sul.

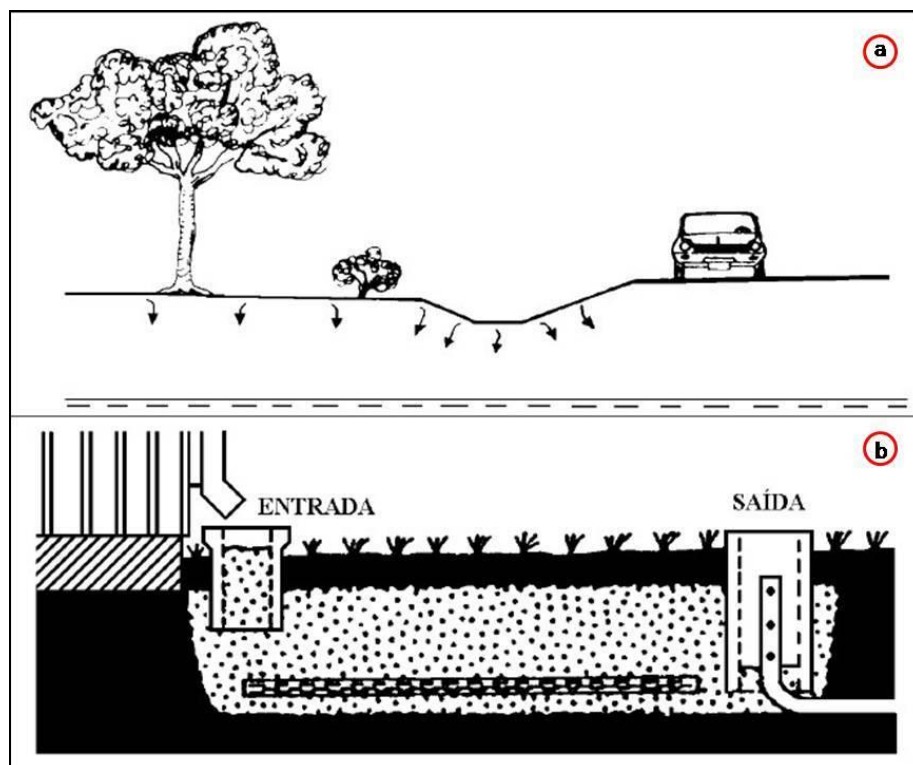
Vale ressaltar que essa porção do município está em expansão devido a instalação do Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia. Algumas medidas de controle do escoamento superficial, propostas por Tucci (1997), podem ser aplicadas tanto na fonte (controle que atua sobre o lote, praças e passeios) quanto na microdrenagem (controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos).

Com relação às medidas de controle do escoamento na fonte, ou seja, nos lotes, nos estacionamento, nos passeios e nos parques, Tucci (1997) salienta que eles têm o objetivo de aumentar as áreas de infiltração e percolação das águas pluviais e de armazenar temporariamente essa água em reservatórios residenciais ou telhados, diminuindo o volume da água escoada superficialmente e aumentando a eficiência do sistema de drenagem a jusante

das áreas controladas. Uma desvantagem dessa forma de controle são os altos custos de operação e manutenção.

Para maiores taxas de infiltração e percolação da água nos lotes e ruas é possível a aplicação de dispositivos, como os planos de infiltração, que são em geral, áreas gramadas nas laterais do lote que recebem a água resultante da precipitação ocorrida sobre a casa ou o edifício. Outros dispositivos que podem ser instalados para facilitar o processo de infiltração e percolação da água são os valos de infiltração (Figura 62a), que são dispositivos de drenagem lateral, na maioria das vezes utilizados paralelos às ruas, estacionamentos e conjuntos habitacionais e que funciona como um reservatório de detenção da água, criando condições para uma infiltração ao longo do seu comprimento e as bacias de percolação que consistem na criação de espaços para o armazenamento da água a partir da remoção do solo e do preenchimento desse espaço com cascalho (Figura, 62b) (TUCCI, 1997).

Figura 62 - Dispositivos de infiltração da água



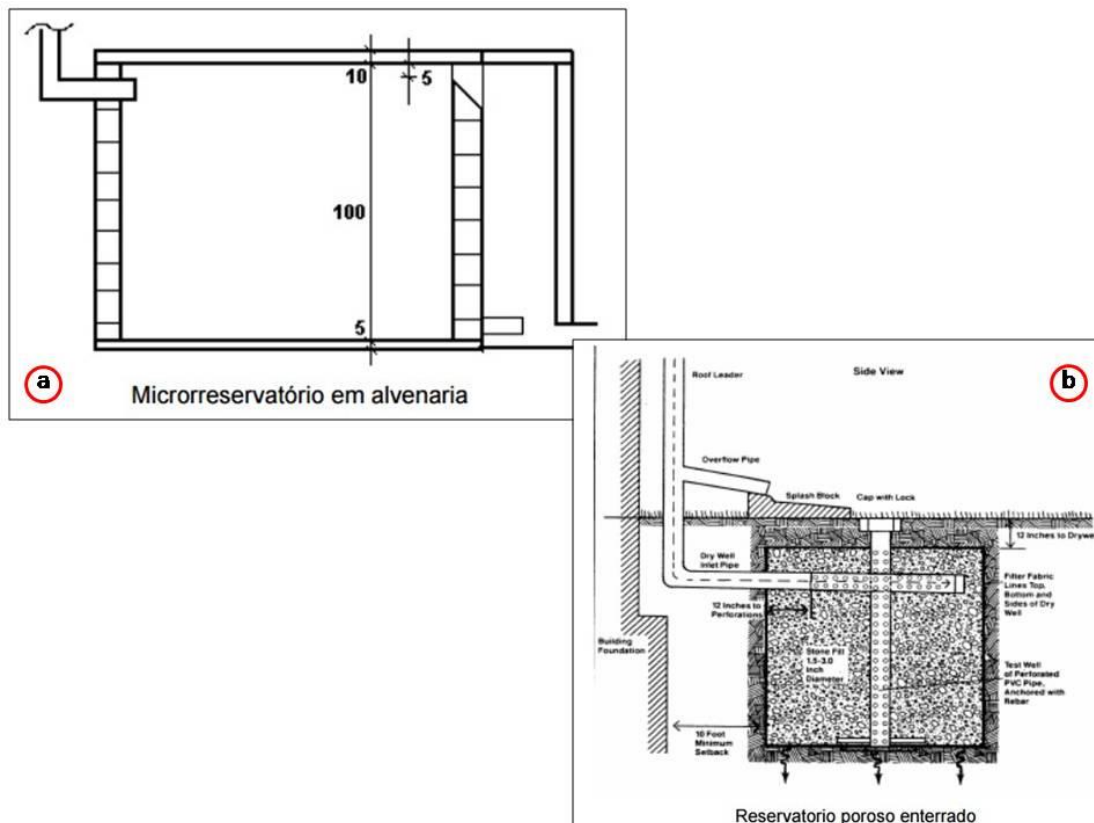
Fonte: Modificado de Tucci (1997)

Outra medida capaz de auxiliar na diminuição do escoamento superficial da água da chuva na área urbana do município é a utilização de pavimentos permeáveis em calçadas, estacionamentos e ruas com pouco tráfego. Esse tipo de pavimentação é caracterizado pela colocação de elementos celulares de concreto sobre camadas permeáveis, geralmente com base de material granular para permitir maior infiltração da água. Maus, Righes e Buriol

(2007) nos seus estudos de comparação da eficiência de diferentes tipos de pavimentos urbanos na infiltração da água no solo e na redução do escoamento superficial, concluíram que entre o asfalto, o paralelepípedo, o gramado e o pavimento permeável, este último foi o que apresentou maior porcentagem de infiltração e, conseqüentemente, menor escoamento, seguido pelo gramado, o paralelepípedo e, por último, o asfalto, mostrando a eficiência dessa metodologia do escoamento superficial da água da chuva nas áreas urbanas.

Em se tratando ainda das medidas de controle na fonte é possível que se faça o armazenamento da água com a instalação de pequenos reservatórios nos lotes já edificadas e nas novas construções que caracterizarão ainda mais a expansão da malha urbana na porção Sul do município de Ituiutaba (MG). Para Mitsubishi et al. (2006), esse armazenamento pode ser feito por meio de microrreservatórios nos lotes em forma de caixas de concreto, alvenaria ou outros materiais (Figura, 63a) ou escavados no solo, preenchidos com brita e isolado do solo por um tecido geotêxtil (Figura, 63b). Esses microrreservatórios podem servir para detenção de água, amortecendo o escoamento superficial e a água retida pode ser destinada a vários usos, como irrigação de gramas e plantas, lavagem de superfícies e automóveis, entre outros (TUCCI, 1997) e também para infiltração, apresentando orifícios para saída da água.

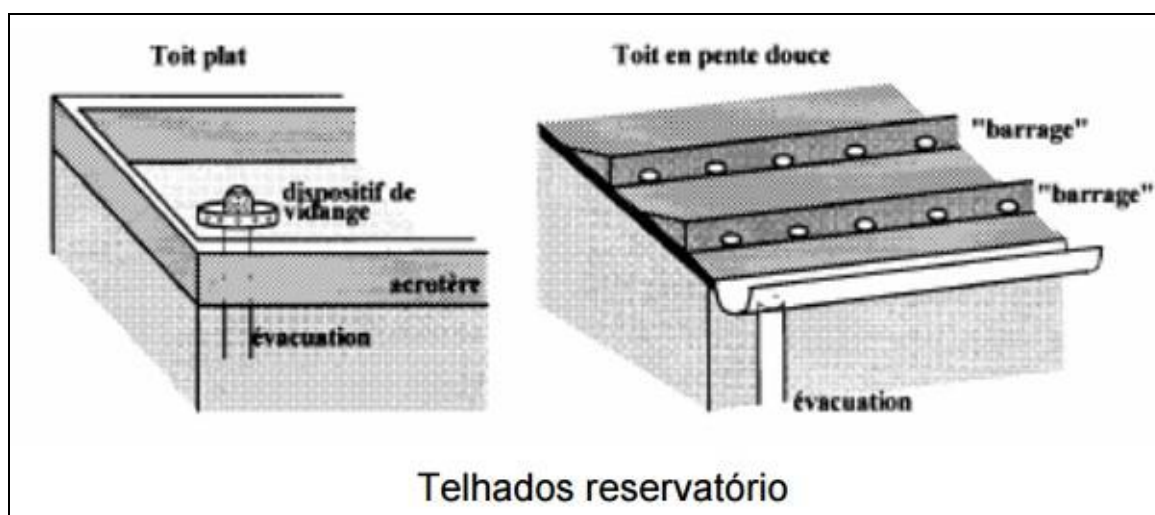
Figura 63 - Tipos de reservatórios que podem ser instalados na fonte



Fonte: Mitsubishi et al. (2006)

Além dos microrreservatórios, os telhados também são considerados uma medida compensatória da impermeabilização de uma edificação (Figura 64). Os chamados telhados reservatórios funcionam como um reservatório provisório das águas das chuvas, liberando-as gradualmente na rede pluvial. Nesse sentido, os telhados planos são mais apropriados para este tipo de controle do escoamento, mas também é possível a instalação em telhados inclinados. Para Tucci (1997) esse tipo de metodologia para contenção das águas pluviais "apresenta algumas dificuldades, que são a manutenção e o reforço das estruturas. Devido as características de clima brasileiro [...] esse tipo de controle dificilmente seria aplicável à nossa realidade" (TUCCI, 1997, p. 29).

Figura 64 - Telhados reservatórios



Fonte: Mitsubishi et al. (2006)

O sistema de microdrenagem, caracterizado pelo sistema de condutos pluviais que recebem a água escoada superficialmente nas áreas urbanizadas a nível de um ou mais loteamentos, pode além de aumentar a vazão máxima, gerando enchentes e inundações, acelerar os processos erosivos devido ao aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial. Para o controle da erosão na microdrenagem, Montes e Leite (2010), em seus estudos sobre o Córrego Vaca-Brava em Goiânia (GO), sugerem projetos de residências e de equipamentos urbanos que visem a maximização de áreas vegetadas como praças e parques, diminuindo o coeficiente de impermeabilização da área e aumentando a infiltração e percolação da água.

Além disso é possível e muitas vezes necessário a instalação das chamadas medidas de controle a jusante, que são dispositivos como tanques, lagos e pequenos reservatórios que amortecem o volume de água gerado. O objetivo desses reservatórios ou bacias de retenção é

diminuir o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica (PARANÁ, 2002). Sobre a localização desses reservatórios, Tucci (1997) ressalta que:

[...] em áreas muito urbanizadas, a localização depende da disponibilidade de espaço e da capacidade de interferir no amortecimento. Se existe espaço somente a montante, que drena pouco volume, o efeito será reduzido; em áreas a serem desenvolvidas, deve-se procurar localizar o reservatório nas partes de pouco valor, aproveitando as depressões naturais ou parques existentes. Um bom indicador de localização são as áreas naturais que formam pequenos lagos antes do seu desenvolvimento.

Sobre as obras efetuadas para o direcionamento das águas pluviais para o interior do Parque do Goiabal, é necessário que sejam inativadas ou, caso o Parque seja a melhor opção e a mais viável para retenção da água, funcionando como o reservatório da microdrenagem, torna-se necessário estudos da drenagem urbana e a aplicação de obras para dissipação da energia da enxurrada que chega na área dessa Unidade de Conservação.

De forma geral, o aumento do escoamento superficial resultante da expansão da malha urbana e de uma rede de drenagem deficiente na porção Sul do município de Ituiutaba (MG) contribuíram diretamente para o desencadeamento das feições erosivas no interior do Parque do Goiabal. É nesse sentido que se torna necessário o estudo e a aplicação de medidas estruturais e não estruturais tanto nos bairros que tem o escoamento direcionado para o interior dessa Unidade de Conservação, quanto na própria feição erosiva, para que haja a estabilização da erosão e a diminuição da degradação do solo nessa área.

Considerações Finais

O Parque Dr. Petrônio Rodrigues Chaves (conhecido como Parque do Goiabal) é considerado a única Unidade de Conservação (UC) municipal de Ituiutaba (MG) e essa área vem sofrendo pressões devido a expansão da malha urbana na porção do Sul da cidade. Apesar do seu objetivo principal ser a conservação, a exploração turística e ambiental e o lazer para a população do município, a degradação ambiental da área, associada a falta de estrutura adequada fez com que, nos últimos anos, o Parque fosse pouco frequentado. A degradação ambiental na área da UC, citada anteriormente, é uma característica que chama a atenção de quem ainda utiliza o Parque para o lazer ou para pesquisas científicas. Dentre os diversos problemas ambientais que essa área vem sofrendo, cabe destacar a presença de plantas exóticas invasoras, o depósito de resíduos provenientes da construção civil no limite da sua área e as feições erosivas de grande porte.

Levando em consideração essa pressão e os problemas ambientais decorrentes, essa pesquisa priorizou compreender quais os fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento de feições erosivas no Parque do Goiabal, por meio do entendimento de como os elementos naturais, associados às ações da sociedade no processo de expansão urbana podem favorecer na aceleração dos processos erosivos.

No início da pesquisa foram feitos alguns questionamentos, que no desenvolvimento da mesma foram respondidos e serão sintetizados aqui nas considerações finais. A primeira questão está relacionada aos principais trabalhos e autores que discutem os processos e as feições erosivas resultantes e, dentro da vasta bibliografia existente sobre o tema, Bertoni e Lombardi Neto (1999), Guerra e Cunha (1996), Guerra (2012), Lepsch (2010) e Caseti (1991) foram indispensáveis para a fundamentação teórica sobre erosão e sobre as características físicas do solo e suas relações com a erosão, também Fiori e Carmignani (2009), Pinto (2006) e Caputo (1983) foram essenciais para essa discussão. Importante destacar que além desses, outros materiais foram consultados para elaboração da parte teórica da pesquisa, como dissertações, teses, artigos, entre outros.

Sobre as características físicas e químicas dos solos do Parque do Goiabal, especificamente os solos presentes na feição erosiva, já apresentando respostas para o segundo questionamento, apresentam em sua maioria textura arenosa, o que caracteriza a erodibilidade do solo como alta, pois a areia fina apresenta pouca ou nenhuma coesão entre as partículas, não possuindo plasticidade e podendo ser facilmente transportada. Em contrapartida, a vegetação do Parque é densa, apresentando diferentes tipos de extratos vegetacionais, além de uma camada considerável de serrapilheira, o que diminui o poder erosivo da água no solo e aumenta a resistência do mesmo ao processo erosional. Associado a

isso, a baixa declividade nos fornece informações necessárias para concluir que, provavelmente, no seu estado natural, sem a intervenção antrópica, a área que hoje é considerada como o Parque do Goiabal não apresentaria feições erosivas de grande porte.

A curva de compactação feita em duas amostras distintas em pontos diferentes da feição confirmou que o solo do assoalho da ravina (identificado como Ponto 1) apresenta menor teor de matéria orgânica e menor porcentagem de argila do que o solo presente no segundo degrau da feição analisada, já considerada uma voçoroca (identificado como Ponto 2). Essa análise se torna importante na discussão do desencadeamento de feições erosivas porque o Parque do Goiabal tem como um dos seus objetivos propiciar o lazer para a população de Ituiutaba (MG) e a forma de acesso a área do Parque pode ser um fator de aceleração dos processos erosivos. Isso ocorre devido a permissão de entrada de automóveis no interior da UC, a existência ou não de trilhas, além da preocupação com o ordenamento das visitas, associada à falta de vegetação nesses caminhos e a característica granulométrica desse solo. Dessa maneira, a compactação do solo acontecerá de forma intensa, diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, desencadeando ou acelerando os processos erosivos.

O terceiro questionamento relaciona-se à associação da degradação da área do Parque do Goiabal com a expansão da malha urbana na porção Sul do município de Ituiutaba (MG). Nesse sentido, é possível concluir que entre os anos de 2011 e 2013 houve um aumento considerável no sítio urbano com a instalação de loteamentos particulares e do programa habitacional do governo. Além das feições erosivas desencadeadas pela ação do escoamento superficial direcionado para o interior do Parque do Goiabal por meio de sistemas artificiais de drenagem da água - como as bocas de lobo construídas sem um sistema de dissipação de energia, - foi possível identificar outros problemas ambientais.

Entre eles estão as construções próximas ao limite da área da UC, resultado da nova dinâmica em que os bairros vizinhos ao Parque tiveram com a instalação do Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia e isso gera ainda mais pressão no Parque do Goiabal. Resultado dessas novas construções, há também a presença de resíduos sólidos provenientes da construção civil e também lixo doméstico.

A partir dos resultados obtidos foi necessário a apresentação de propostas para a estabilização das feições erosivas existentes e evitar que outras apareçam. Nesse sentido as propostas indicadas para essa área giram em torno da aplicação de medidas estruturais e não estruturais dentro da área do Parque e nas áreas adjacentes para diminuição do volume e da velocidade do escoamento superficial. As medidas não estruturais versam sobre a instalação e

manutenção de barreiras de contenção para reter os sedimentos transportados pela enxurrada, diminuindo o processo de desagregação e transporte dos sedimentos e aumentando a infiltração nessas áreas.

As medidas estruturais podem ser aplicadas no lote por meio de procedimentos que visem a infiltração ou o armazenamento da água da chuva, contribuindo para a diminuição do escoamento. As obras de infiltração que podem ser aplicadas com a instalação de bacias de percolação e valos de infiltração e as obras para armazenamento da água pluvial são caracterizadas pela construção de microrreservatórios e de telhados que retenham a água, podendo esta ser reutilizada para diversas finalidades. Na microdrenagem, as propostas de recuperação, especialmente na porção Sul da cidade de Ituiutaba (MG) que está em processo de expansão da malha urbana, são a maximização de áreas vegetadas e a instalação de reservatórios, tanques ou lagos para controlar o escoamento a jusante.

Assim como a execução dessas medidas, é de extrema importância a elaboração do Plano Diretor da Rede Pluvial, conforme estabelecido no Plano Diretor Integrado do Município, para caracterizar e avaliar a situação da drenagem na malha urbana de Ituiutaba (MG). Além disso, esse Plano terá, dentre outros, o objetivo de estudar os canais de drenagem, os sistemas artificiais de coleta das águas pluviais e de bacias de contenção para que se tenha um diagnóstico mais preciso da situação atual do sistema de drenagem do município e assim, aplicar medidas que minimizem os problemas causados pelo escoamento superficial, como enchentes, inundações, alagamentos e aceleração dos processos erosivos.

Portanto, o Parque Dr. Petrônio Rodrigues Chaves, conhecido como Parque do Goiabal em Ituiutaba (MG) é uma área que merece e deve ter um olhar mais atento do poder público municipal a fim de fornecer a infraestrutura necessária para atender os seus objetivos. Conforme a Lei 1.826 de 1977, esses objetivos são resguardar os atributos excepcionais da natureza da região, proteger a flora, a fauna e os demais recursos naturais e ser utilizado para atividades educacionais, científicas, recreativas e turísticas.

Ficam aqui as contribuições para a melhoria da qualidade ambiental do Parque do Goiabal, especialmente sobre a degradação do solo, visto que este apresenta alto índice de erodibilidade. Que esse trabalho também sirva de base para novos estudos sobre essa Unidade de Conservação, nos seus mais diversos aspectos, buscando melhorias e formas de manter uma relação harmoniosa com os processos de expansão da malha urbana e, principalmente, após esse processo ser consolidado, uma vez que o Parque do Goiabal é de grande importância para o município de Ituiutaba (MG), por preservar as características da flora e da fauna de Cerradão e para a população, por servir como área de lazer e pesquisa científica.

REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A. N. Contribuição à Geomorfologia da área dos cerrados. IN: FERRI, M. G. (coord) **Simpósio sobre o cerrado: uso e manejo**. São Paulo: EPUSP,1971. p-97-103.
- AB´ SABER, A. N. **As boçorocas de Franca**. Revista da Faculdade de Filosofia,Ciências e Letras de Franca, Franca, n.2, v.1, 1968.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Prevenção de erosão em áreas urbanas. In.: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ABGE. Presidente Prudente-SP. **Anais...**, 1998.
- ALVES, R. R. **Monitoramento e evolução morfométrica: estudo por perfilagem de perda de solo em voçoroca no município de Uberlândia-MG**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.
- ALVES, J. F. C. Monitoramento e evolução de processos erosivos no Parque do Goiabal em Ituiutaba-MG. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. **Anais...**, São Luís, 2016.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**. v. 24, n. 220. Belo Horizonte, 2003. p. 55-63.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental em áreas degradadas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.
- ARRAES, C. L.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia Córrego do Tijuco, SP. **Bioscience Journal**. v. 26. n. 6. Uberlândia, 2010. p. 849-857.
- BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia Física), FFCHL, Universidade de São Paulo, 1990.
- BACCARO, C. A. D. As unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Sociedade e Natureza**. n. 5 e 6. Uberlândia, 1991. p.37-42.
- BACELLAR, L. de. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá**. 2000. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. Rio Claro, 2003. 183 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- BATISTA, B. H. S.; PEREIRA, V. S.; PEREIRA, K. G. O. Análise descritiva da cabeceira de vereda do Córrego Buritizal na área urbana de Ituiutaba. MG. **Periódico Eletrônico: Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 11. n. 6. 2015. p. 296-309.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003. p. 877-1436.

BISTRICHI, C. A.; CARNEIRO, C. D. R.; DANTAS, A. S. L.; PONÇANO, W. L.; CAMPANHA, G. A. C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; CREMONINI, O. A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: SICCT/Pró-Minério/DCET- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1981. Escala 1:500.000, v. 1 e 2, 126 p.

BRASIL. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 ago. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 22 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Departamento de áreas protegidas. **Roteiro para criação de unidades de conservação municipais**. Brasília, DF, 2010. 72 p.

BRITO, A. O. **Estudo da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestas) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

BRITO, F. A.; CÂMARA, J. B. D. Histórico sobre a criação de unidades de conservação no Brasil. In: **Democratização e gestão ambiental**: em busca do desenvolvimento sustentável. Petrópolis: Vozes, 1999. Cap. VII, p. 63-111.

BUENO, B. de S.; VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa: Oficina gráfica da Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1980. p. 11-35.

BUNTING, B. T. **Geografia do solo**. Tradução de T. S. Newlands. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1971. 259 p.

CAMPOS, A. C. **Degradação Ambiental em Unidades de Conservação Estaduais: O caso do Parque Ecológico Altamiro de Moura.** 2004. Pacheco e seu entorno. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de estudos sócio-ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2004.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1983, 219 p.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1991.

CERDÀ, A. La erosión del suelo y sus tasas em España. **Ecosistemas.** Año X, n. 3. 2001. Disponível em: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/268/264>. Acesso em: 31 mar 2016.

CHAVES, L. D. **Produção do espaço urbano e mercado imobiliário: a oferta de terrenos não edificados e imóveis residenciais urbanos em Ituiutaba (MG).** 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, Catalão, 2016.

CHEROBIN, S. F. **Estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes: estudo da voçoroca Vila Alegre.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciência Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

COSTA, R. A. Análise biogeográfica do Parque Municipal do Goiabal em Ituiutaba-MG. **Caderno Prudentino de Geografia.** n. 33. v. 1. Presidente Prudente, 2011. p. 68-83.

COSTA, R. A.; MARTINS, F. P. Impactos e riscos ambientais urbanos em Ituiutaba-MG. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org) **Geografia do Brasil Central: Enfoque Teórico e Particularidades Regionais.** Uberlândia: Assis, 2011. p. 355-378.

CPRM/CODEMIG, **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais.** Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, 2003.

CRAIG, R. F. **Craig's soil mechanics,** 7th ed. Tradução de Amir Kurban. Rio de Janeiro: LCT, 2013. 362 p.

DAS, B. M. **Fundamentos de engenharia geotécnica.** 7 ed. Traduzido por EZ2Translate. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 610 p.

DEL GROSSI, S. R. **De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza contribuição ao estudo da geomorfologia urbana.** São Paulo. USP (Tese de doutoramento). 1991.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 286 p.

_____. **Qualidade do solo e Meio Ambiente.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2006. 35p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009, 627 p.

FERES, R. **Análise do processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: bacia do rio Bonito (Descalvado, SP)**. 2002. 142 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

FERNANDES, J. A. **Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim, RS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

FERNANDEZ, F. A. S. Efeitos da fragmentação de ecossistemas: a situação das unidades de conservação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1997, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 1997. p.48-68.

FERREIRA, M. D. **Análise da evolução dos processos erosivos acelerados em áreas urbanas e das técnicas de controle e recuperação - Córrego do Tucum (São Pedro/SP)**. 2004. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2009. 604 p.

FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia - SP: sua dinâmica e as propostas de recuperação**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

FURLANI, G. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca**. 1980. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

GIAVARA, E.; SILVA, C. M. **A cidade de Ituiutaba nas páginas da obra "A Loja do Osório"**. In: III Semana de História do Pontal-Universidade Federal de Uberlândia, 2015, Ituiutaba, p. 1-8.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446 p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos** –conceitos, temas e aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 1, p. 17-55.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2001. 648p.

GUERRA, A.; ROIZEN, J.; SCHUELER, E. Fatores e classificação da erosão pluvial dos solos e seus impactos ambientais. In: Simpósio Nacional de controle de erosão, 1995, Bauru. **Anais...** São Paulo: ABGE/UNESP/DAEE, 1995. p. 447-450.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 mai 2016

ICMBIO [online]. **O Parque Nacional do Itatiaia**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/>>. Acesso em 17 de janeiro de 2016.

ICMBIO [online]. **Parque Nacional do Iguaçu**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaiguacu/guia-do-visitante.html>>. Acesso em 17 de janeiro de 2016.

INFANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A de. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. Cap. 9, p. 131-152.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1981) Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT. Mapa color., 129x200cm. Escala 1:500.000.

ITUIUTABA. Câmara Municipal. **Lei n.º. 1.826**: "Autoriza a criação do Parque Municipal do Goiabal e dá outras providências". Ituiutaba, 1977.

IWASA, O. Y.; PRANDINI, F. L. **Diagnóstico da origem e evolução das boçorocas**: condição fundamental para a preservação e correção. In.: Simpósio sobre o controle de erosão. ABGE, Curitiba, 1980. p. 05-34.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. R. 2011. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, PE. 99 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 216 p.

LEPSCH, I. F. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Científica do Instituto Agrônomo**. v. 41. n. 8. Campinas, 1982. p. 231-236.

LIMA, P. Q. **Viabilidades de restauração das fitofisionomias em paisagens fragmentadas na bacia do Rio São Bento, sudeste goiano.** 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, Catalão, 2014.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 36, 2012.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos** –conceitos, temas e aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 9, p. 301-322.

MARTINS, F. P.; COSTA, R. A. A Compartimentação do relevo como subsídio aos estudos ambientais no município de Ituiutaba-MG. **Revista Sociedade e Natureza.** v. 26. n. 2. Uberlândia, 2014. p. 317-331.

MAUS, V. W.; RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A. Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Associação Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. p. 1-8.

MELLO, F. A. F.; SILVEIRA, R. I.; ARZOLLA, S.; HELLMEISTER, S. R. **Efeitos da matéria orgânica sobre a capacidade de retenção de umidade de quatro solos do município de Piracicaba.** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ, USP.v. 35, 1978.

MENDES, P. C.; QUEIROZ, A.T. Caracterização Climática do Município de Ituiutaba – MG. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org) **Geografia do Brasil Central: Enfoque Teórico e Particularidades Regionais.** Uberlândia: Assis, 2011. p. 333-353.

MILLER, K. R. **Evolução do conceito de áreas de proteção - oportunidades para o século XXI.** In: Anais do I Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba/IAP/Unilivre: Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação, 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Roteiro para elaboração de Unidades de Conservação Municipais.** Brasília, 2010. 68p.

_____. **Espécies Exóticas Invasoras.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/especies-exoticas-invasoras>. Acesso em: 19 jan. 2017.

MITSUISHI, J. H.; FAZZERI, B. E. S.; ABREU, C. G.; WADA, L. M.; GOBITTA, L. C.; MEIRA, T. A. **Controle de inundações por ações nos lotes.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PHD - Departamento de engenharia de hidráulica e sanitária. 2006.

MONTES, R. M. e LEITE, J. F. **Drenagem Urbana De Águas Pluviais E Seus Impactos Cenário Atual Da Bacia Do Córrego Vaca – Brava Goiânia – Go.** Goiânia, 2010.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation.** 3. ed. Oxford: Blackwell, 2005. 304 p.

MOURA, G. G.; DAMASCENO, I. A. Ituiutaba (MG): reflexos das condições sociais e da habitação na (re)estruturação urbana da cidade. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org) **Geografia do Brasil Central: Enfoque Teórico e Particularidades Regionais**. Uberlândia: Assis, 2011. p. 379-407.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade e Natureza. Uberlândia**, nº1, ano 1, , junho.1989. p.09-15.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de Mapeamento Geotécnico com Base para análises e avaliações ambientais do meio físico em escala de 1:100.000 aplicação no município de Uberlândia-MG**. 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica de solos: ensaios de laboratório**. Escola de engenharia de São Carlos: Universidade de São Paulo, 1973. 150 p.

NUNES, A. J. da C. **Curso de mecânica dos solos e fundações**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Globo S. A., 1956. 314 p.

OLIVEIRA, B. S. de. **Ituiutaba (MG) na rede urbana tijuicana: (re)configurações sócio-espaciais no período de 1950 a 2003**. 2003. 204f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos** –conceitos, temas e aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 2, p. 57-99.

OLIVEIRA, F. L.; JESUS, B. M. M.; SILVA, J. E. B.; GUERRA, A. J. T.; SILVA, S. C. P. **Análise das partículas do topo do solo das sub-bacias do rio Tindira e córrego do Catonho, cidade do Rio de Janeiro, com fins de identificar sua importância no processo erosivo**. Simpósio Erosão - IESA/UFG. 2011. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposioerosao/textos/>. Acesso em: 13 jan. 2017.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Manual de Drenagem urbana Região Metropolitana de Curitiba- PR**. Curitiba, 2002.

PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 355 p.

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ (PLERH/PR). 2010. Disponível em: http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_2-ParteD-Revisao_Final_2.pdf. Acesso em: 28 abr. 2016.

POLITANO, W. et al. **Ocupação do solo e estados da erosão acelerada no município de Mococa, SP**. Revista de Geografia, São Paulo, v.11, p.47-61, 1992.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M. A. Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica em áreas agrícolas. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água -**

Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Ed. Viçosa, 2006. cap 6, p. 133-170.

QUINTÃO, A. T. B. Evolução do conceito de Parques Nacionais e sua relação com o processo de desenvolvimento. **Revista Brasil Florestal.** Brasília, n° 54, 1983.

RADAMBRASIL. **Ministério de Minas e Energia.** Levantamento do conjunto geomorfológico do Triângulo Mineiro, 1983.

RAMALHO, F. L. O estudo da ocupação do relevo e impactos ambientais no setor Sul da cidade de Ituiutaba/MG. **Revista Geonorte.** Edição especial 4, v. 10, n. 1. 2014. p. 611-614.

RIDENTE, J. L. J. **Prevenção e controle da erosão urbana: bacia do córrego do Limoeiro e bacia do córrego do Cedro, municípios do Presidente Prudente e Álvares Machado, SP.** Dissertação (Mestrado) - UNESP, Rio Claro, 2000.

RODRIGUES, J. E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados - Voçorocas.** 1982. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs.** In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Org.: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372p.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 291-336.

ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (orgs.) **Terra: feições ilustradas.** Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

SALOMÃO, F. X. de. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 7, p. 229-267.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS, L.; BACCARO, C. A. D. **Caracterização geomorfológica da bacia do Rio Tijuco.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v.5, n.11, 2004.

SILVA, D. A.; LOBODA, C. R. O processo de produção do espaço urbano: mapeamento e caracterização do bairro Tupã em Ituiutaba-MG. **Revista Eletrônica Geoaraguaia.** Edição especial. 2013. p. 108-127.

SILVA, S. A modificação do relevo através do processo de terraplanagem nos Bairros Nova Ituiutaba I, II, III e IV na cidade de Ituiutaba-MG. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. **Anais...**, São Luís, 2016.

SILVA, J. V. F.; RAMALHO, F. L.; SILVA, T. R.; PEDRO MIYAZAKI. Aceleração de processos geomorfológicos nas vertentes dos bairros Nova Ituiutaba I e Nova Ituiutaba II - Ituiutaba/MG. **Periódico Eletrônico: Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 11. n. 7. 2015. p. 139-153.

SILVA, A. M. **Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do Córrego Campo Alegre**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SOPCHAKI, C. H.; SAMPIO, T. V. M. Estudos de metodologias para identificação de vertentes na bacia do rio Currealinho - região metropolitana de Curitiba/PR. **Revista Geografar**. v. 8. n. 1. Curitiba, 2013.

SOUSA, A. T. **Caracterização de voçorocas em bordas de relevo residual tabular em Quirinópolis-GO**. 2010. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1.222 p.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. **Mecânica dos solos na prática da engenharia**. Rio de Janeiro: Sedegra, 1962. 659 p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOLÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**. 3º ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2006. p.399-431.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. (s. d.) Disponível em: www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid. Acesso em: 05 ago. 2015.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). **Soil Texture Calculator**. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167. Acesso em: 13 jan. 2016

VALLEJO, L. R. Os parques e reservas como instrumentos do ordenamento territorial. In: ALMEIDA, F. G.; SOARES, L. A. A. **Ordenamento Territorial: coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 157-193.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos Solos Tropicais**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1988. 464p.

VILAR, O. M. Modelo matemático para a erosão dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 13. p. 381-385. 1989.

WEILL, M. A. M.; NETO, A. G. P. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 39-58.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. In: **Agricultural Handbook n° 537, Soil Conservation Service**. Department of Agriculture United States, 1978. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>. Acesso em: 19 mar 2016.

XU, J. X. Benggang erosion: the influencing factors. **Catena**, v. 27, p. 249-263, 1996.