

Leandro Antonio Roque

**Avaliação da Influência do Uso do Solo Sobre a Turbidez na Bacia Hidrográfica
do Ribeirão São Bartolomeu no Trecho a Montante do Campus da UFV**

**Viçosa
Minas Gerais
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA**

Leandro Antonio Roque

**Avaliação da Influência do Uso do Solo Sobre a Turbidez na Bacia Hidrográfica
do Ribeirão São Bartolomeu no Trecho a Montante do Campus da UFV**

**Monografia apresentada à disciplina
GEO – 481 Monografia e Seminário, do
curso de Geografia da Universidade
Federal de Viçosa, como requisito
parcial para aprovação na disciplina.**

**Viçosa
Minas Gerais
2010**

**Monografia defendida e aprovada em Dezembro de 2010 pela banca
examinadora.**

**Prof. André Luiz Lopes de Faria
Orientador
Departamento de Geografia
UFV**

**Prof. Eduardo Antonio Gomes Marques
Co-orientador
Departamento de Engenharia Civil
UFV**

**Thiago Torres Costa Pereira
Doutorando
Departamento de Solos
UFV**

"Por mais árdua que seja a luta, por mais distante que um ideal se apresente, por mais difícil que seja a caminhada, existe sempre uma maneira de vencer: A Nossa Fé."

Dedicatória

Dedico primeiramente a Deus por permitir que eu chegasse até aqui, pela força nos momentos difíceis e por iluminar meu caminho.

Aos meus pais, João e Rita, pela ajuda, por acreditarem em mim, pelo esforço em me tornar um bom ser humano.

Aos meus irmãos Willian e Priscila pela amizade e carinho, a todos meus familiares, tios, primos e sobrinhos que graças a Deus são muitos ficando difícil de citar todos, mas carrego vocês em meu coração.

A minha grande companheira, minha querida e amada esposa Tomásia e ao maior presente da minha vida, o bem mais precioso que eu tenho a minha filha Maria Fernanda.

A meu primo Geraldo Erli de Faria, um exemplo de pessoa e acadêmico, que no ano passado, Deus o chamou para o seu lado.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, pelo esforço em me dar uma educação de qualidade.

A minha esposa e minha filha pelo apoio, incentivo e paciência ao longo do curso e pela bela família que formamos com a benção de Deus.

Ao professor André, meu orientador, pela amizade, pelos ensinamentos e conselhos não só acadêmicos, mas profissionais e humanos á mim passados ao longo do curso.

Ao professor Eduardo Marques, meu co-orientador, pela acolhida, pela grande ajuda na realização deste trabalho, um ser humano fora de série.

Ao amigo e colega de curso Pablo Rocha, pelos conselhos, por toda ajuda na monografia, no trabalho de campo e ao longo do curso.

Ao Diego Loureiro pela ajuda na elaboração dos mapas.

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto SAAE em especial ao Chefe da Divisão Técnica da Autarquia, José Luiz e ao chefe de laboratório e também colega de curso Vinicius, pela disponibilização do laboratório para análises das amostras.

Ao Jailson, uma mistura de pai, amigo e sócio, pela confiança em mim depositada e pela grande ajuda ao longo desta jornada.

Aos colegas da Divisão Gráfica Universitária, pela amizade, pela ajuda e pelos momentos de descontração, que torna o trabalho do dia a dia mais agradável.

Aos amigos “irmãos” David, Julio e Tales, pelos fantásticos momentos vividos, pela torcia e ajuda ao longo do curso.

A todos os colegas do curso de geografia, pela amizade e companheirismo.

Em fim a todos os meus familiares e amigos.

Sumário

Lista de Figuras.....	8
Lista de Mapas.....	9
Lista de Tabelas e Gráficos.....	10
Resumo.....	11
Introdução.....	12
2 – Objetivos.....	13
2.1 – Objetivo Geral.....	13
2.2 – Objetivo Específico.....	13
3 – Caracterização da Área em Estudo.....	14
3.1 – Localização e Dimensão.....	14
3.2 – Aspecto Geológico, Pedológico e Geomorfológico da Área.....	16
3.3 – Clima.....	16
3.4 – Histórico do Uso e Ocupação.....	16
3.5 – Vegetação.....	17
4 – Revisão Bibliográfica.....	17
4.1 – Solo.....	17
4.2 – Processo de Sedimentação.....	18
4.3 – Bacia Hidrográfica.....	19
4.4 – Paisagem.....	20
4.5 – Sistema de Informação Geográfica.....	21
4.6 – Turbidez.....	23
5 – Material e Método.....	26
5.1 – Materiais.....	26
5.2 – Metodologia.....	26
5.2.1 – Elaboração dos Mapas.....	26

5.2.1.1 – Modelo Digital de Elevação.....	26
5.2.1.2 – Declividade.....	28
5.2.1.3 – Solos.....	28
5.2.1.4 – Uso e Ocupação.....	28
5.2.1.5 – Índice Topográfico de Umidade.....	28
5.2.1.6 – Fragilidade Potencial.....	30
5.3 – Trabalho de Campo.....	31
5.4 – Análises das Amostras.....	34
6 – Resultados e Discussão.....	36
6.1 – Critérios.....	36
6.1.1 –Declividade.....	36
6.1.2 – Solos.....	38
6.1.3 – Uso e Ocupação.....	40
6.1.4 – Fragilidade Ambiental.....	42
6.1.5 – Turbidez.....	44
7 – Conclusões.....	57
Referências Bibliográficas.....	58

Lista de Figuras

Foto 1 – Coletando Amostras no Curso D'água.....	35
Foto 2 – Coletando Amostra Próxima a Estrada.....	35
Foto 3 – Laboratório da ETA 1 Do SAAE.....	35
Foto 4 – Tubos Falcon com as Amostras na Bancada.....	35
Foto 5 – Turbidímetro Portátil modelo 2100P da Hach.....	35
Foto 6 - Frasco de Leitura do Turbidímetro.....	35
Foto 7 – Fazendo a Leitura no Turbidímetro.....	35
Foto 8 – Resultado da Leitura da Amostra.....	35
Foto 9 – Ponto 29 Período Seco.....	49
Foto 10 – Ponto 36 Período Seco.....	49
Foto 11 – Ponto 29 Período Úmido.....	49
Foto 12 – Ponto 36 Período Úmido.....	49
Foto 13 – Ponto 38 Gado Invadindo o Curso D'água.....	49
Foto 14 – Início do Período de Estiagem.....	50
Foto 15 – Entulho Carregado Durante as Últimas Chuvas.....	50
Foto 16 – Final do Período de Estiagem.....	50
Foto 17 – Final do Período de Estiagem.....	50
Foto 18 – Início do Período Úmido.....	50
Foto 19 – Período Úmido Nível Máximo.....	50
Foto 20 – Visão Geral da Represa (UFV) Período Seco.....	51
Foto 21 – Visão Geral da Represa (UFV) Período Úmido.....	51
Foto 22 e 23 – Texturas gelatinosas causada por Ferrobactérias.....	51
Foto 24 – Ponto 37 Represa Mata do Paraíso.....	52

Lista de Mapas

Mapa 1 – Mapa de Localização da Área.....	15
Mapa 2 – Modelo Digital de Elevação.....	27
Mapa 3 – Índice Topográfico de Umidade.....	29
Mapa 4 – Localização dos Pontos de Amostragem.....	32
Mapa 5 – Mapas das Sub-bacias com os pontos de Amostragem.....	33
Mapa 6 – Mapa de Declividade.....	38
Mapa 7 – Mapa de Solos.....	39
Mapa 8 – Mapa de Uso e Ocupação.....	41
Mapa 9 – Mapa de Fragilidade.....	43
Mapa 10 – Mapa de Turbidez Período Seco.....	55
Mapa 11 – Mapa de Turbidez Período Úmido.....	56

Lista de Tabelas e Gráficos

Tabela 1 – Sub-bacias e Área na Bacia.....	14
Tabela 2 – Problemas Causados por Sedimentos Transportados Pelos Rios.....	19
Tabela 3 – Valores de Turbidez para Vários Tipos de Água.....	24
Tabela 4 – Classificação da Água em Função do Uso Preponderante.....	25
Tabela 5 – Índice Topográfico de Umidade, Grau de Fragilidade e Hierarquia.....	30
Tabela 6 – Classes de Declividade, Grau de Fragilidade e Hierarquia.....	30
Tabela 7 – Classes de Solos, Grau de Fragilidade e Hierarquia.....	30
Tabela 8 – Classes de Uso e Ocupação, Grau de Fragilidade e Hierarquia.....	31
Tabela 9 – Números de Pontos de Coleta de Cada Sub-bacia.....	31
Tabela 10 – Declividades, Grau de Fragilidade e Área na Bacia.....	36
Tabela 11 – Solos, Grau de Fragilidade e Área na Bacia.....	38
Tabela 12 – Uso e Ocupação, Grau de Fragilidade e Área na Bacia.....	40
Tabela 13 – Fragilidade Ambiental, Área na Bacia e Grau de Fragilidade.....	42
Tabela 14 – Resultados das Análises do Período Seco.....	45
Tabela 15 – Resultados das Análises do Período Úmido.....	46
Tabela 16 – Turbidez e Pontos de representação das Sub-bacias.....	53
Gráfico 1 – Turbidez dos pontos de Amostragem Período Seco e Úmido.....	47
Gráfico 2 – Turbidez das Sub-bacias Período Seco e Úmido.....	53

Resumo

O aumento dos problemas ambientais e das transformações globais nestes últimos séculos tem sido marcante, havendo uma grande preocupação de estudos relacionados às análises ambientais, referente a intervenções da sociedade na natureza, sendo este um tema discutido não somente no campo das geociências.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influencia do uso do solo sobre a turbidez da água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu no trecho a montante do campus da Universidade Federal de Viçosa.

Foram coletados em 47 pontos da bacia, amostras de água, da nascente no córrego Palmital até a represa da ETA 1 do SAAE na UFV. Os pontos de coleta das amostras de água foram georeferenciados com auxílio de GPS e posteriormente analisadas no turbidímetro, com o objetivo de verificar o grau de turbidez da amostra de água.

Para correlacionar o grau de turbidez com o uso do solo, foi confeccionado uma planilha com espaços para o preenchimento de características do local, como, cobertura vegetal, tipo de solo, declividade, uso e ocupação e forma do relevo. As coletas foram realizadas em dois períodos climáticos distintos, assim a primeira etapa das coletas foi realizada em período seco e a segunda etapa em estação chuvosa, de modo à comparar o grau de turbidez em cada ponto da bacia, possibilitando estimar quanto que cada área está contribuindo para o processo de sedimentação da bacia em estudo.

O trabalho buscou gerar dados cientificamente balizados que possam ser utilizados para o desenvolvimento de planos de manejo e conservação do solo e da água, na criação e preservação de áreas de APPs, tanto próximas aos cursos d'água quanto nos topos de morros, para que se possa respeitar a capacidade de suporte do ambiente.

Entre os resultados tivemos pontos com turbidez acima de 90 NTU no período úmido e pontos que tiveram redução da turbidez do período seco para o período úmido, esta redução foi possível devido presença de fatores biológicos como ferrobactérias e micro organismos como Fitoplâncton e Zooplâncton.

Introdução

Ao longo da história de ocupação do espaço pelo ser humano, os recursos naturais sempre foram utilizados. Se, no início, as atividades extrativistas predominavam, com o passar dos anos, o aumento da população e o desenvolvimento tecnológico, esta exploração ganhou uma dimensão em que, atualmente o próprio equilíbrio do planeta é colocado em risco.

O homem tem necessidades de conservação da vida através da produção de alimentos e busca de forma acelerada aumentar sua qualidade de vida, a partir da incorporação/transformação dos recursos naturais *in natura*, com a construção de moradias, dentre outros.

Uma consequência das atividades humanas é a intensificação dos processos erosivos em áreas urbanas e rurais. Esta situação ocorre principalmente pela utilização de técnicas inadequadas e pelo uso intenso dos solos. Além disso, o processo de urbanização pode ser considerado como uma fonte geradora de sedimentos, que podem ser facilmente carreados durante as chuvas para os corpos d'água.

A expansão das áreas urbanas, as atividades de construção de obras civis, entre outras atividades desenvolvidas pelas sociedades ao longo dos séculos, no Brasil e no mundo, vem alcançando estágios de desenvolvimento, eficiência e domínio tecnológico que, na maioria das vezes, não vêm acompanhados do processo de organização e planejamento, necessários para a sustentabilidade da natureza (Guerra; 2006).

O aumento dos problemas ambientais tem sido marcante, havendo uma grande preocupação de estudos relacionados às análises ambientais, referentes às intervenções da sociedade na natureza, sendo este um tema discutido não somente no campo das geociências. No presente estudo adotou-se, como unidade de análise, a bacia hidrográfica, já que dentro de seus limites, que são comumente de fácil identificação, é possível avaliar adequadamente as interrelações entre os diversos componentes dos meio físico, biótico e antrópico, permitindo obter informações que permitem elaborar diagnósticos e planejar ações.

Moraes (2005) ressalta que atividades como agricultura, desmatamento, mineração e urbanização são responsáveis pelo incremento no aporte de sedimentos fluviais gerando assoreamento e aumento da turbidez.

Scapin (2004) salienta a importância das análises sedimentares em cursos d'água, afirmando que o conhecimento da quantidade de sedimentos transportada pelos rios é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, uma vez que os danos causados pelos sedimentos dependem da quantidade e da natureza destes, as quais, por sua vez, dependem dos processos de erosão transporte e deposição de sedimentos.

2 – Objetivos

2.1 – Objetivo Geral

O trabalho teve por objetivo verificar a relação do uso e ocupação do solo com as classes de solo e tentar correlacioná-los com o processo de sedimentação Ribeirão São Bartolomeu, tendo como parâmetro indicador a turbidez da água dos cursos d'água da bacia.

2.2 – Objetivo Específico.

- Caracterizar o uso e ocupação do solo, cobertura vegetal, aspectos pedológicos e geomorfológicos e suas implicações nos processos de sedimentação.
- Verificar o grau de degradação existente na bacia, e quais as conseqüências sócio-ambientais geradas por essa degradação através dos dados de turbidez da água.
- Correlacionar os dados de turbidez da água nos períodos secos e úmidos de modo a aferir o aumento da turbidez em períodos chuvosos e propor medidas mitigadoras.

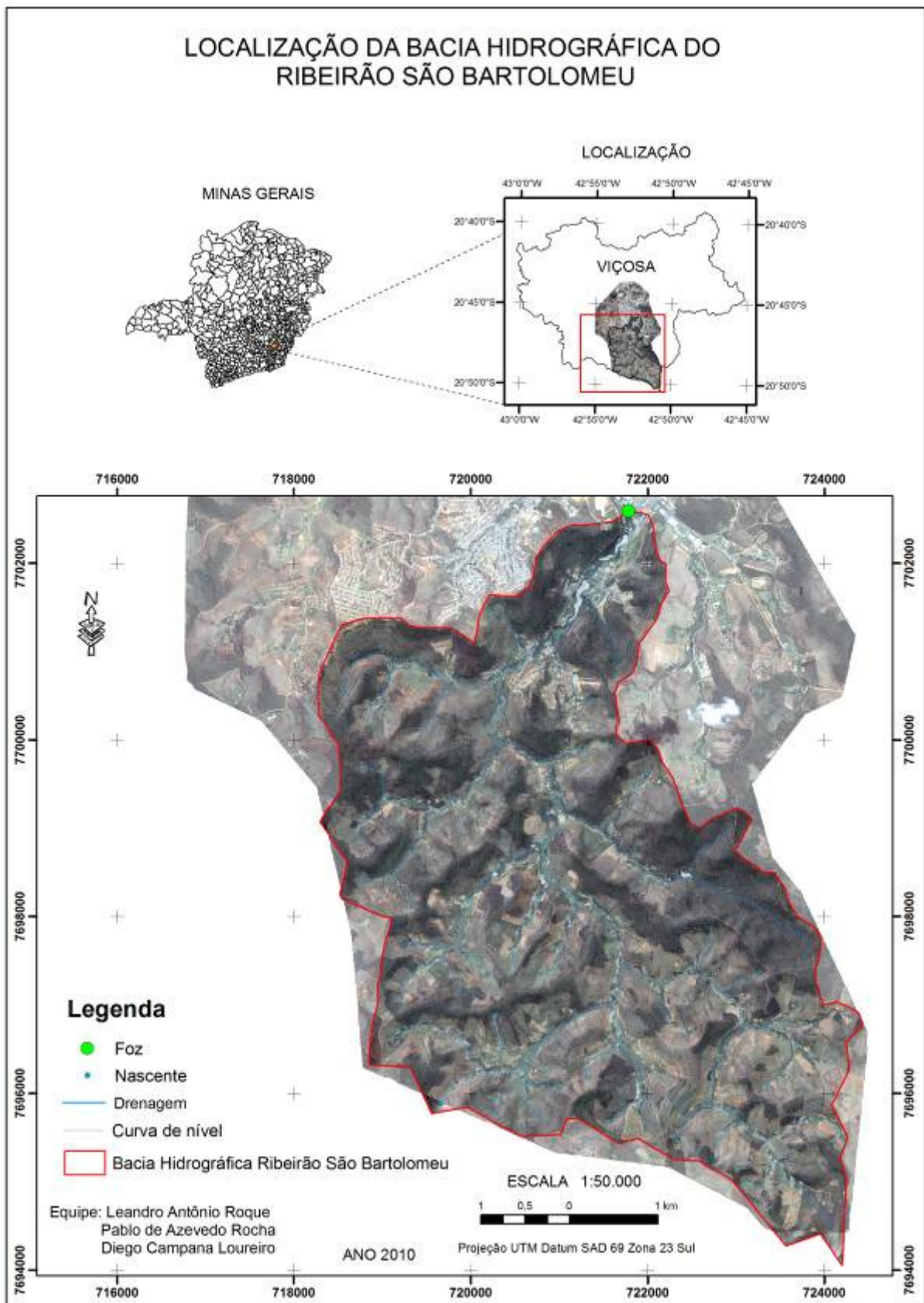
3- Caracterização da Área de Estudo.

3.1 – Localização e Dimensão

A área em estudo esta localizada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, no município de Viçosa – MG, entre as latitudes 20°45'0" S e 20°50'0" S e entre as longitudes 42°55'0" W e 42°50'0" W, abrangendo 8 sub-bacias, com área total de aproximadamente 2.871,59 hectares.

Tabela 1 - Sub-bacias do Ribeirão São Bartolomeu e Área na Bacia.

Sub-Bacias	Área na Bacia (ha)
Alto Paraíso	129,85
Antuérpia	237,22
Santa Catarina	339,73
Engenho	457,34
Palmital	598,95
Paraíso	460,68
Machado	294,15
São Bartolomeu	353,67
Área Total	2.871,59



Mapa 1: Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

3.2 – Aspectos Geológicos, Pedológicos e Geomorfológicos da Área.

A área está embasada em rochas referentes ao Pré-Cambriano inferior ou Indiviso, compreendendo gnaisses e migmatitos diversos. Sedimentos Quaternários ocorrem ao longo dos vales, constituindo depósitos aluvionares de caráter argiloso, argilo-arenoso ou arenoso, representados por terraços e leitos maiores de deposição mais recente (QUINTERO, 1997).

O município de Viçosa está inserido num prolongamento da Serra da Mantiqueira, sendo drenado pela bacia do Rio Doce (Valverde, 1958). Predominam na região, solos dos tipos Latossolos vermelho-Amarelos nos topos convexos; Latossolos Vermelhos nas encostas das elevações; Argissolos nos terraços; e Neossolos e Gleissolos associados nos fundos dos vales, onde se encontram os leitos maiores e os Cambissolos ocupando as partes mais íngremes das encostas estando associados a afloramentos de rocha e a Neossolos Litólicos. (adaptado de Resende, 1971i)

O relevo mostra-se bastante diversificado, destacando-se áreas planas, onduladas e montanhosas, elevações de topos arredondados com vertentes convexas, terminando em vales planos (Valverde, 1958), sendo comum a presença de cicatrizes de escorregamento, ravinas anfi-teátricas e voçorocas. A região de Viçosa se insere dentro de um domínio maior, denominado Mar de Morros (Ab'Saber, 1970).

3.3 – Clima

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é o clima mesotérmico, caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos, com precipitação média anual de 1.200 mm e temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e, do mês mais quente, superior a 22°C (ORLANDINI, 2002)

3.4 – Histórico do uso e ocupação

A cidade de Viçosa, localizada na Zona da Mata mineira, também apresenta em seu espaço uma série de problemas ambientais urbanos, entre eles, a ocupação desordenada das encostas e topos de morros.

Dentro dos problemas ambientais causados pela ocupação sem planejamento tem-se o comprometimento da bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, e o intenso adensamento urbano por que passam a área central da cidade devido à

grande especulação imobiliária que promovem a ocupação de áreas de preservação permanente às margens dos ribeirões da cidade e de algumas nascentes.

O processo de ocupação em Viçosa, de modo geral, vem se caracterizando por não obedecer a qualquer critério de planejamento, ocorrendo de forma desordenada, levando em conta somente os interesses financeiros e imediatistas. Este processo impulsiona a ocupação de áreas inadequadas para urbanização por parte dos mais carentes e gera os impactos socioambientais no sistema urbano, consequência da segregação socioespacial e das desigualdades econômicas.

O padrão de exploração da terra levou à redução da sua vegetação original, que se encontra restrita aos topos de morros e encostas íngremes. A cidade procurou se orientar ao longo dos terraços, locais de amenidades significativas quanto à topografia. Num momento posterior seguiu-se a ocupação de áreas com topografia restrita, entre elas as encostas e topos de morros, além das margens dos cursos d'água, em áreas consideradas de preservação permanente.

3.5 – Vegetação

A vegetação nativa era a floresta estacional semi-decidual, na verdade, expansão da Mata Atlântica das regiões serranas da vertente leste para o interior, As matas reduzem-se, atualmente, a pequenas manchas e capoeiras nas encostas íngremes e topo de morro, elas foram substituídas pelos cafezais e posteriormente por pastos e outras lavouras.

A maior parte das terras da região está ocupada por pastagens naturais e artificiais (principalmente brachiárias), que suportam os rebanhos bovinos. Entre as culturas tradicionais da região, o café foi o mais importante na formação de rendas.

4 – Revisão Bibliográfica

4.1 – Solo

Os solos são o principal sistema de suporte da vida e do bem-estar humano. Fornece o substrato para as raízes, retém água o tempo suficiente para esta ser utilizada pelas plantas e fixam nutrientes essenciais para a vida – sem os solos, a paisagem da Terra seria tão estéril como a de Marte.

É constituído de horizontes ou camadas que se diferem entre si pela natureza física, química, mineralógica e biológica. Porém, a definição de solo se ajusta conforme a área de conhecimento e de aplicação.

Em Ciência do Solo, conceitua-se o solo como sendo um sistema trifásico, isto é, com uma fase sólida que ocupa cerca de 50%, sendo a outra metade ocupada pela fase líquida com cerca de 25% e pela fase gasosa com cerca de 25%, salvo ambientes com grande saturação por água ou que apresentem solos com um percentual de aeração em que a fase gasosa predomine em relação à líquida.

O processo de formação do solo, conhecido como pedogênese, tem um aspecto importante na preservação do mesmo, pois é a manutenção deste processo que vai garantir uma boa cobertura terrosa, porém a pedogênese demora anos para formar poucos centímetros de solo. (Resende, 1999)

Sua utilização reflete diretamente na turbidez dos cursos. Na Bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu identificamos a presença de áreas agrícolas e urbanas. A Bacia passa hoje por um processo intenso de ocupação, sendo considerada importante vetor de crescimento da área urbana de Viçosa.

4.2 – Processo de Sedimentação

O transporte de sedimentos em leitos de cursos d'água é um processo natural, mas pode ser agravado devido à ação antrópica. A ocupação desordenada e irresponsável próximo aos rios acelera o processo de transporte de sedimentos. A falta de cuidados, como a retirada da vegetação, o manejo inadequado do solo e a urbanização acelerada próxima aos rios, são alguns dos fatores que trazem sérios danos ao meio ambiente e ao homem. Como exemplos podem-se destacar, entre outros, o assoreamento de reservatórios e rios aumentando a incidência das cheias e por consequência dos alagamentos; redução da qualidade da água para consumo e irrigação, mortandade de espécies aquáticas e impossibilidade de navegação devido à diminuição da lâmina d'água. (Scapin, 2005)

Um dos maiores problemas do assoreamento de barragens é a diminuição de seu volume com o passar de tempo, outro grande problema para estações de tratamento é o aumento dos gastos com agentes floculantes e por sua vez maior produção de lodo no tanque de decantação. Quanto melhor o entendimento dos mecanismos de transporte e a avaliação da carga de sedimentos transportados, maior a chance de um diagnóstico eficaz para a solução ou minimização de problemas associados à deposição de sedimentos.

Na Tabela 2 destacam-se os problemas gerados pelo excesso de sedimentos em rios.

Tabela 2 - Problemas Causados pelos Sedimentos Transportados pelos rios.

Problemas causados pelos sedimentos transportados pelos rios
Assoreamento de rios, diminuindo a sua navegabilidade e aumentando as dimensões das enchentes.
Assoreamento de reservatórios, diminuindo a sua vida útil ou, provocando a necessidade de dragagens periódicas de alto custo.
Inviabilidade, em alguns casos, de aproveitamento do rio para abastecimento e até mesmo para irrigação, dependendo da quantidade de sedimentos transportados.
Contaminação do leito e das águas dos cursos d'água a grandes distâncias dos pontos onde foram gerados, em virtude de atuarem como vetores no transporte de contaminantes neles aderidos

Fonte: Adaptado, Scapin (2004)

Segundo Sá (2004) os processos de assoreamento e bloqueio total de rios ou lagos devido ao alto conteúdo de material em suspensão são responsáveis pelo desequilíbrio entre espécies e desaparecimento completo de algumas formas de vida do ambiente aquático. As atividades fotossintéticas das plantas aquáticas podem, por sua vez, serem inibidas pela interferência da passagem de luz.

4.3 – Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é a unidade ambiental mais adequada para o tratamento das componentes e da dinâmica de inter-relações referentes ao planejamento ambiental e a gestão do desenvolvimento, isso é um consenso no meio científico, segundo Schiavetti e Camargo (2002).

O conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudo nos remete à noção de espaço, nos fornecendo a posição dos objetos que nela estão inseridas. O processo de sedimentação está ligado à erosão que, segundo Guerra e Botelho (2001) está associada a fatores como: características físico-químicas do solo, forma de comprimento, tipo de cobertura vegetal, declividade e manejo inadequado do solo.

Quando se fala em bacia hidrográfica como uma unidade ambiental adequada, isso se deve ao fato de, dentro dessa unidade delimitada geograficamente e topograficamente, serem encontrados todos os agentes biológicos, físicos, químicos e

antropológicos atuantes em sua dinâmica. Uma microbacia pode ser definida como uma área delimitada topograficamente, de modo que as suas bordas separem as águas de um lado e de outro e que seja drenada por um único tributário perene, de acordo com Sparoveck (1999)

A delimitação da microbacia hidrográfica engloba a área de drenagem dos principais canais fluviais de fluxo permanente contendo os afluentes do rio com maior expressão regional. A possibilidade de definição relativamente precisa das formas e causas da erosão do solo, considerando a escala de bacia hidrográfica pode ser considerada uma atitude importante nas ações conservacionistas.

Sendo a bacia hidrográfica o lugar mais favorável para a análise e controle de problemas ambientais, pode-se dizer que quando as formas de erosão e a sua distribuição estiverem relacionadas à sua causa, ao seu impacto e à forma de seu controle, as recomendações para a área podem ser gerais e válidas para toda a unidade de planejamento. Quando as formas de erosão e sua distribuição são muito variáveis, e as estratégias de controle variam, haverá maior probabilidade de sucesso na adoção das práticas conservacionistas se a área for dividida em partes mais homogêneas (Sparovek, 1999).

Segundo Ross & Del Prette (1998), diante da importância alcançada pelo recurso natural água para a sociedade industrial moderna, a bacia hidrográfica passa a ser frequentemente utilizada como referencial geográfico para a adoção de práticas de planejamento ou de manejo e aproveitamento de recursos naturais de seu interior.

A Geomorfologia Fluvial é uma das subdivisões da geomorfologia voltada, particularmente, para a análise das bacias hidrográficas, considerando suas principais características que, por sua vez, condicionam o regime hidrológico, a análise dos cursos de água, que contempla os processos fluviais e as formas resultantes do escoamento das águas (CUNHA, 2001).

Guerra e Cunha (2004) alertam para o fato de que mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, nos últimos anos, o homem tem participado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem.

4.4 – Paisagem

A ciência geográfica apresenta, de acordo com as diferentes correntes do pensamento, categorias consideradas essenciais para a compreensão do seu estudo. Neste contexto a paisagem é considerada, pela maioria das correntes do pensamento geográfico um conceito-chave da Geografia. A paisagem é formada por diferentes elementos que podem ser de domínio natural, humano, social, cultural ou econômico e

que se articulam uns com os outros. A paisagem está em constante processo de modificação, sendo adaptada conforme as atividades humanas.

“O conceito de paisagem pode variar da abordagem estético-descritiva a uma abordagem mais científica. A primeira está relacionada a sua gênese, onde surge e culminam a primeiras idéias físico-geográficas sobre fenômenos naturais, em meados do século XIX; já a segunda abordagem remete-se ao desenvolvimento e estabelecimento do conceito de como vem sendo construído desde então, com influência de outras ciências, definindo-se como ciência da Paisagem, até os dias atuais” (Guerra e Marçal, 2006)

Os estudos de bacias hidrográficas como unidade de paisagem e das inter-relações que nelas ocorrem, permite uma visão abrangente dos sistemas, sendo possível observar as relações do homem com o espaço natural, uma vez que numa mesma bacia hidrográfica é possível observar diferentes formas de relevo, vegetação, uso e ocupação do solo.

Características de uma bacia hidrográfica como: relevo, solo, clima, vegetação, recursos hídricos permitem avaliar o equilíbrio de um dado sistema adotando-se ferramentas específicas, como por exemplo, mapas e sistemas de informações. O sistema natural de bacia hidrográfica encontra em funcionamento, as perdas ocasionadas por fenômenos naturais tendem a ser corrigida ou compensada, para isso a intervenção humana tem que ocorrer de forma planejada e sustentável.

“Os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorizada dentro de um conjunto de elementos que compõe a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada como função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados” (Guerra e Cunha, 1996 fl.352 e 353).

As intervenções humanas em espaços naturais adequando-os a suas necessidades vêm causando degradação e diminuição de recursos ambientais, tornando de extrema importância a realização de estudos que expressem em dados essa degradação, sendo estes dados uma ferramenta importante para elaboração de técnicas de manejo mais adequadas.

4.5 – Sistema de informação Geográfica.

A principal característica de um SIG é a sua habilidade de fornecer respostas a consultas geográficas, em que é de grande importância a localização precisa de um

objeto em relação a outras entidades. Por isso em estudos nos quais se faz o uso do SIG é importante que os dados sejam georreferenciados de acordo com um sistema de coordenadas (UTM, latitude-longitude, graus, etc.). Um SIG produz os resultados dos dados espaciais, registrados em forma numérica, sob a forma de tabelas e mapas, que podem representar, por exemplo, a hidrografia, estradas, topografia do terreno ou uso do solo.

“As classificações geomorfológicas, embora dependentes de escalas de tratamento de dados, podem ser usadas na organização do conhecimento ambiental, como base para cenários territoriais interpretativos, normalmente de alta coerência. Quando apoiados em Sistemas geográficos de informações, tais cenários ambientais ganham grande complexidade e uma enorme aplicabilidade. Análises de rede de drenagem, uso de modelos tridimensionais para a visualização do terreno e estimativas de impactos ambientais são alguns exemplos do uso integrado de conhecimentos geomorfológicos em Sistema Geográficos de informação” (Silva in Guerra e cunha, 2001).

Os dados podem ter o formato *raster* ou vetorial. É importante diferenciá-los, pois a escolha do formato depende da aplicação que se pretende dar aos dados e do objetivo do estudo. O formato *raster* representa as feições utilizando pixels ou células, que são unidades discretas para identificar um objeto e contem uma topologia implícita. Ou seja, os pixels são definidos pela resolução adotada e cada um deles recebe um valor numérico que pode ser um atributo qualitativo ou quantitativo. O formato vetorial representa as feições por pontos, linhas e polígonos, armazenados em um arquivo ou banco de dados, ligados a cada feição por um número identificador.

O uso do SIG no planejamento ambiental com a utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo nos remete à noção de espaço. Dessa maneira pressupõe-se que bacia hidrográfica está determinada ou associada tanto à posição de entidades no espaço quanto à sua posição relativa a outras entidades e objetos reais.

De acordo com Faria (2001), o planejamento ambiental tem demonstrado uma procura crescente de técnicas de geoprocessamento em função de sua complexidade e necessidade de geração de informação, em um curto espaço de tempo, tornando-se uma ferramenta excelente no estudo de problemas ambientais. Os benefícios do SIG para a gestão e manejo de bacias hidrográficas estão relacionados à sua capacidade de armazenar, manipular e visualizar uma grande quantidade de dados.

“É evidente que o sistema depende de sua interação com o analista e o tomador de decisão, que é que interpreta os resultados gerados; coloca toda sua experiência, juntamente com um processo de discussão com a comunidade ou seus representantes, para sintetizá-los e analisá-los; gera informações e decisões que afetam esta comunidade e o meio

ambiente ao seu redor, podendo ser caracterizado como um importante sistema de suporte à decisão” (Rocha, 2006).

Os procedimentos de geoprocessamento recomendáveis referem-se a levantamentos e diagnósticos de riscos, potenciais de uso dos recursos naturais, estimativas de impactos, etc. Assim, mais importante que os levantamentos e diagnósticos é a interpretação dos dados gerados, pois devem estar predefinidos os objetivos a serem alcançados para que as conclusões possam estar devidamente embasadas.

4.6 – Turbidez

A turbidez tem sido adotada por diversos estudiosos para a determinação da qualidade da água, geralmente associada à erosão acelerada ou ao lançamento de efluentes domésticos em cursos fluviais. Contudo, também tem sido enfocada no estudo de processos geomorfológicos de encosta e fluviais, sinalizando a dinâmica dos processos erosivos e sedimentares (LOPES et al, 2007).

Turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão. A turbidez se deve a partículas em suspensão ou colóides: argilas, limo, terra finamente dividida, etc. Um alto valor de turbidez prejudica a condição estética da água e estudos técnicos constataam o efeito de proteção física de microrganismos pelas partículas causadoras da turbidez, diminuindo a eficiência de tratamentos.

Os sólidos em suspensão transportados pelas águas – silte, argila, detritos orgânicos e plâncton em geral – podem possuir origem natural (sedimentos) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, escavações, sedimentos carreados a partir de usos e atividades antrópicas), e contribuem para a elevação da turbidez, que diz respeito ao nível de interferência sofrida pela luz ao passar através da água, conferindo um aspecto turvo à mesma (SANTOS et al, 2007).

O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura da turbidez. O aparelho é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) ou *Nefelometric Turbidity Unit* (NTU). O nefelômetro consta de uma fonte de luz, para iluminar a amostra e um detector fotoelétrico com um dispositivo para indicar a intensidade da luz espalhada em ângulo reto ao caminho da luz incidente.

A determinação da turbidez pelo método nefelométrico, é adotado nas atividades de controle de poluição da água e de verificação do parâmetro físico nas águas consideradas potáveis.

O principal impacto de uma alta turbidez é meramente estético: ninguém gosta do aspecto da água suja. Mas ademais, é essencial eliminar a turbidez para desinfetar efetivamente a água que se deseja que seja bebida. Isto acrescenta custos extras para o tratamento das águas superficiais. As partículas suspensas também ajudam à adesão de metais pesados e muitos outros compostos orgânicos tóxicos e pesticidas.

Em período chuvoso, o aumento da turbidez nos cursos d'água está diretamente relacionado ao transporte de sedimentos, isto significa a ocorrência de processos erosivos que em muitos casos é provocado pela ação humana no manejo inadequado do solo, levando a assoreamento de cursos d'água; em represas e reservatórios, leva a diminuição de seu volume com o passar dos anos.

Segundo a OMS (Organização Mundial para a Saúde), a turbidez da água para consumo humano não deve superar em nenhum caso as 5 NTU, e estar idealmente abaixo de 1 NTU.

Tabela 3 – Valores de Turbidez para vários tipos de água.

Valores Típicos de Turbidez para vários tipos de água	
Tipos de água	Valor de (NTU)
Água Deionizada	0,02
Água Potável	0,02...0,5
Água de Manancial	0,05...10
Água Residual	70...2000
Água Branca (indústria de papel)	60-800

As coleções de águas estaduais são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em cinco classes (Deliberação Normativa COPAM 10/86), como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Classificação da água em função do uso preponderante.

Uso preponderante de água	Classificação				
	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção	X				
Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado		X			
Abastecimento doméstico, após tratamento convencional			X	X	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)		X	X		
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		X			
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas			X		
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				X	
Criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

5 – Material e Métodos

5.1 – Materiais

Para a realização deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais:

- Imagem IKONOS de 2007, com resolução de 1m, adquirida pelo Departamento de Engenharia Civil.
- Mapa de solos da área, elaborado por Guilherme Resende Correia, que foi georreferenciado e vetorizado no presente trabalho.
- GPS para georeferenciar os pontos de coleta das amostras de água.
- Tubo falcon para coletar as amostras.
- software Arc Gis 9.3 para o processamento das imagens e dados.

5.2 – Metodologia

O estudo foi realizado no trecho do São Bartolomeu localizado entre a nascente e a Estação de Tratamento de Água (ETA1) do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) que se encontra dentro do campus universitário da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Além disso, realizou-se a caracterização do uso e ocupação do solo, da cobertura vegetal, dos aspectos pedológicos e geomorfológicos e suas implicações nos processos de sedimentação.

Adicionalmente, verificou-se o grau de degradação existente na bacia, e quais as conseqüências sócio-ambientais geradas por essa degradação, utilizando-se como indicador os dados de turbidez da água, que foram medidos nos períodos seco e úmido de modo a aferir o aumento da turbidez em períodos chuvosos e propor medidas mitigadoras.

No estudo da bacia foram feitos levantamentos bibliográficos, trabalho de campo e a utilização do SIG Arc Gis 9.3 para a elaboração de mapas na escala de 1: 40.000 da nascente no córrego Palmital até a represa da ETA 1 do SAAE na UFV.

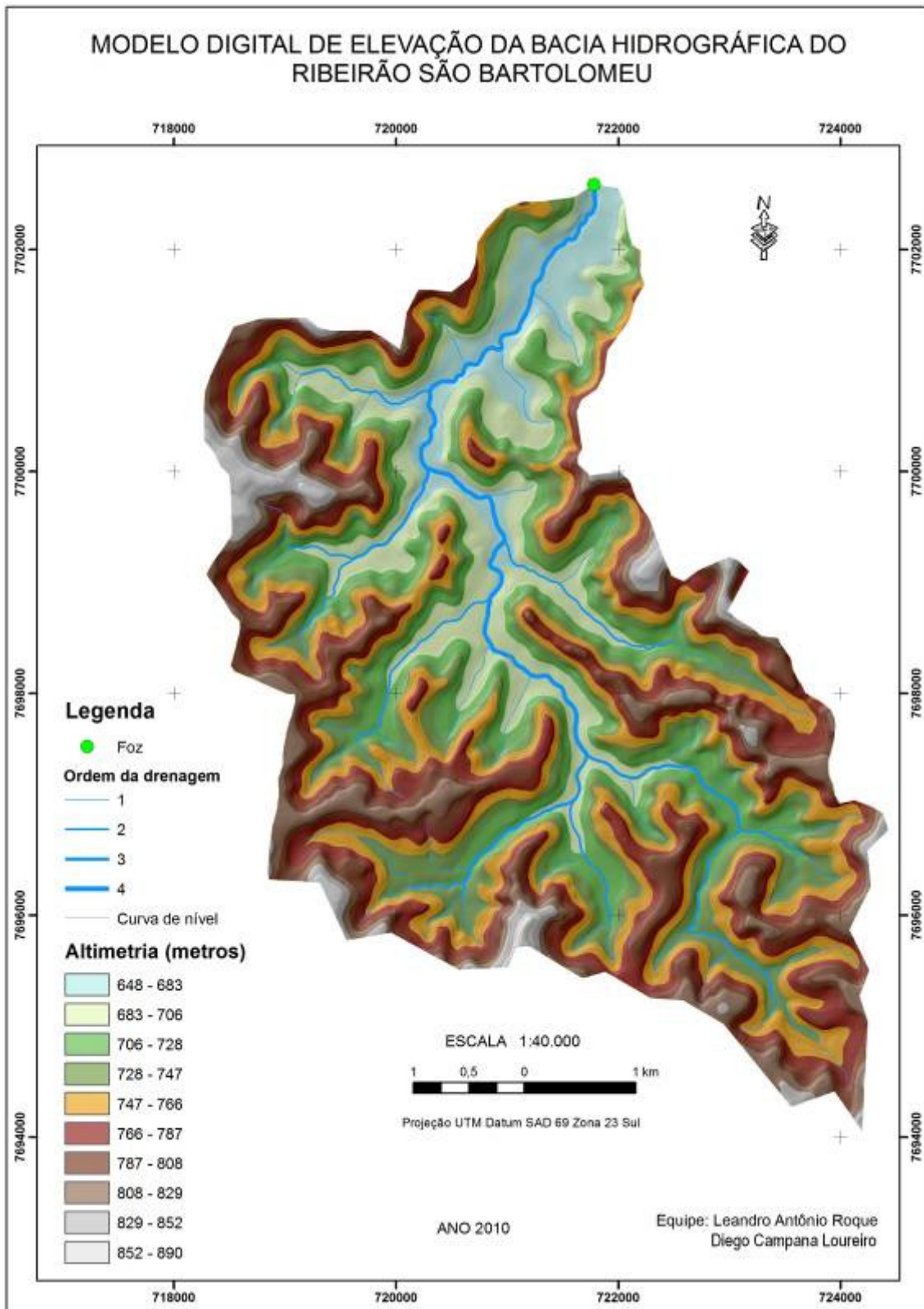
A primeira etapa do trabalho foi a pré-marcação dos pontos de coleta na área através de um mapa de rede hidrográfica na escala de 1: 60.000 obtido no laboratório de geoprocessamento (LABGEO) do Departamento de solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), este mapa com os pontos pré-determinados serviu para orientação na primeira ida a campo.

5.2.1 – Elaboração dos Mapas

5.2.1.1 – Modelo Digital de Elevação (MDE)

O modelo digital de Elevação (MDE) foi elaborado através do “refinamento” das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Este “refinamento” da imagem foi

feito no sentido de tratá-la para que fossem colocadas as classes de elevação com suas respectivas cores, tendo se utilizado do software ArcGis 9.3 para essa atividade.



Mapa 2: Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG.

5.2.1.2 – Declividade

O mapa de declividade deriva do MDE e para sua confecção utilizou-se uma extensão do ArcGis denominada *spatial analyst* com a ferramenta *slope*, sendo a classe de declividade apresentada em porcentagem. No estabelecimento das classes usou-se a classificação recomendada pela Embrapa, com as seguintes classificações:

- 0-3% - Plano
- 3-8% - Suave Ondulado
- 8-20% - Ondulado
- 20-45% - Fortemente Ondulado
- 45-75% - Montanhoso
- 75% - Escarpado

5.2.1.3 – Solos

O mapa base de solos foi elaborado por Guilherme Resende Corrêa, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, através de interpretação visual dos mapas de altimetria, declividade e posteriormente visita a campo para confirmação dos dados. Este mapa adquirido por meio de imagem digital foi georreferenciado e vetorizado por meio do software Arcinfo, assim o mapa foi transformado para o modelo raster para que posteriormente fosse possível fazer os demais cruzamentos e mapas.

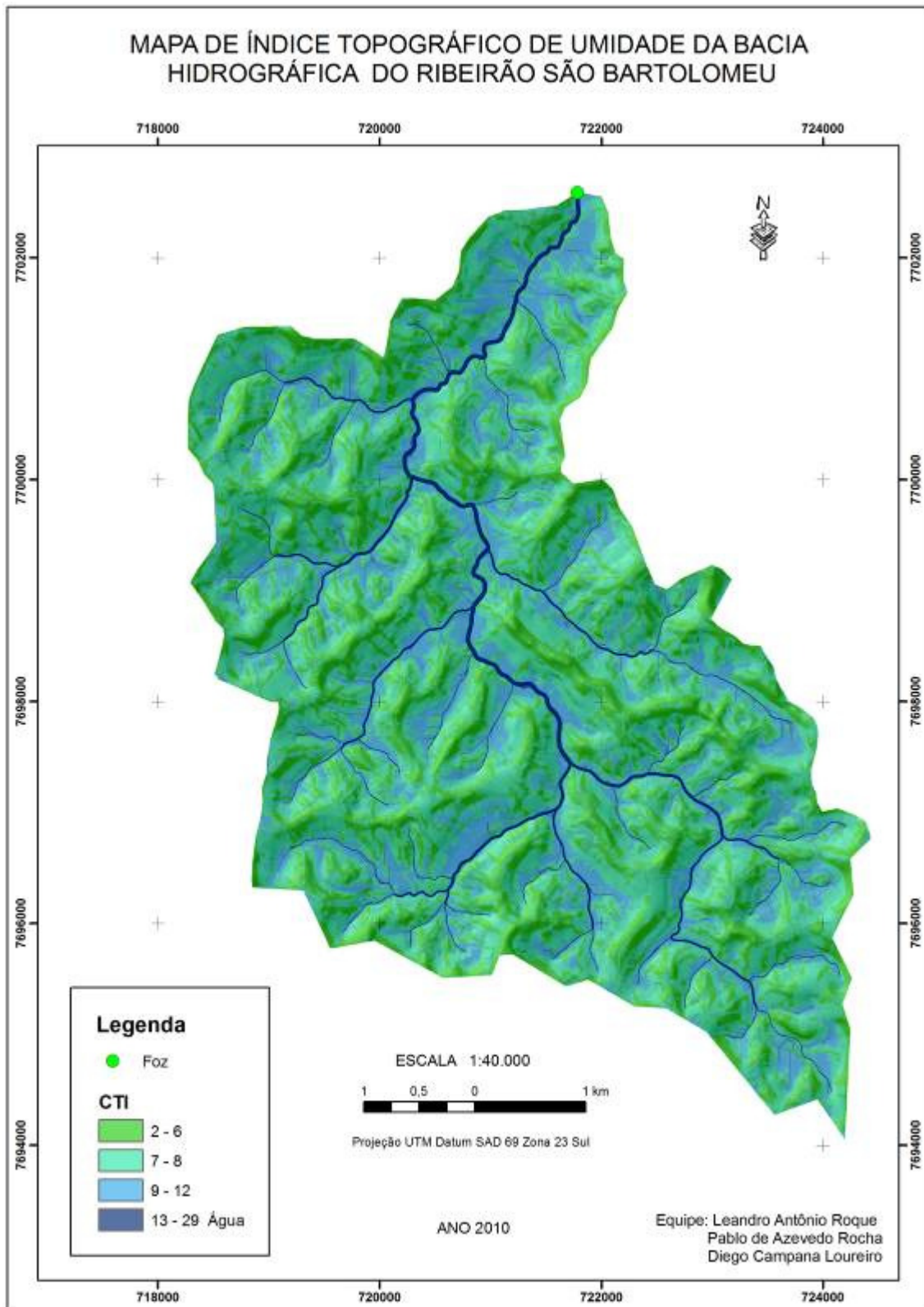
5.2.1.4 – Uso e Ocupação

O mapa de uso e ocupação foi elaborado com a utilização do software ArcGis 9.3, com o mosaico da área feito sobre a imagem IKONOS de 2007, com resolução de 1m. Sobre esta imagem foi feita a classificação supervisionada da área, permitido separar as seguintes classes: Café; Floresta; Pastagem; Água; Área Agrícola e Área Urbana.

5.2.1.5 – Índice Topográfico de Umidade

O índice topográfico de umidade (TWI) é usado para caracterizar a distribuição espacial de zonas de saturação superficial e conteúdo de água nas paisagens. Sua aplicação é para a separação dos solos com caráter hidromórfico, que ocorrem em relevo plano, de outras classes de solos que ocorrem em área planas e suave onduladas. O TWI é definido como uma função da declividade e da área de contribuição por unidade de largura ortogonal à direção do fluxo. O Índice Topográfico de umidade é obtido conforme a equação: $TWI = \ln(A_s/\tan\beta)$

Em que: A_s é a área de contribuição x tamanho da célula do grid em m^2 ; β é a declividade da célula.



Mapa 3: Mapa de Índice topográfico de Umidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

5.2.1.6 – Fragilidade Potencial

O mapa de Fragilidade Potencial foi gerado através dos cruzamentos dos seguintes mapas: Índice Topográfico de Umidade, Declividade, Solos e Uso do Solo.

Fragilidade = Índice topográfico de Umidade X Declividade X Solos X Uso do solo.

Por meio da análise Multi-critério, cada um dos critérios (Índice Topográfico de Umidade, Declividade, solos e uso do solo) foi re-escalonado, através da ferramenta *spatial analyst* e posteriormente reclassificado, assim as escalas utilizadas variam de 1 a 5 onde 1 representa o valor mínimo de fragilidade e o 5 o valor máximo de fragilidade.

Para o índice topográfico de Umidade, os atributos que não foram classificados terão o valor (*No Data*), com isso o software não fará o cruzamento destes atributos, pois estes representam os cursos D'água, para que o software não confunda os cursos d'água com os pontos onde tendem ao acúmulo de água levantado pelo índice topográfico de umidade.

Tabela 5 – Índice Topográfico de Umidade (TWI), Grau de Fragilidade e Categoria de Hierarquia.

CTI	Grau de Fragilidade	Categoria de Hierarquia
2-6	1	Baixo
7-8	4	Médio
9-12	5	Extremamente Alto
13-29	<i>No Data</i>	Curso D'água

Tabela 6 – Classes de Declividade (%), Grau de Fragilidade e Categoria de Hierarquia.

Declividade (%)	Grau de Fragilidade	Categoria de Hierarquia
0-8 %	1	Extremamente Baixo
8-20 %	2	Baixo
20-45 %	3	Médio
45-75 %	4	Alto
> 75%	5	Extremamente Alto

Tabela 7 – Classes de solo, Grau de Fragilidade e Categoria de Hierarquia.

Classe de solos	Grau de fragilidade	Categoria de Hierarquia
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	1	Baixo
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	4	Alto
Cambissolo Háplico (CX)	5	Extremamente Alto

Tabela 8 – Classe de Uso e Ocupação, Grau de Fragilidade e Categoria de Hierarquia.

Uso e Ocupação	Grau de Fragilidade	Categoria de Hierarquia
Mata	1	Extremamente Baixo
Pastagem	2	Baixo
Área Urbana	3	Médio
Café	4	Alto
Área agrícola	5	Muito Alto
Solo Exposto	5	Extremamente Alto

5.3- Trabalho de Campo

O trabalho de campo consistiu em coletar as amostras de águas nas sub-bacias para análise. Entretanto, antes da primeira coleta, com o auxílio do mapa da rede hidrográfica fornecido pelo IBGE, os pontos de coletas foram pré-determinados seguindo a ordem de drenagem dos canais e pontos mais próximos das estradas, a fim de facilitar o acesso.

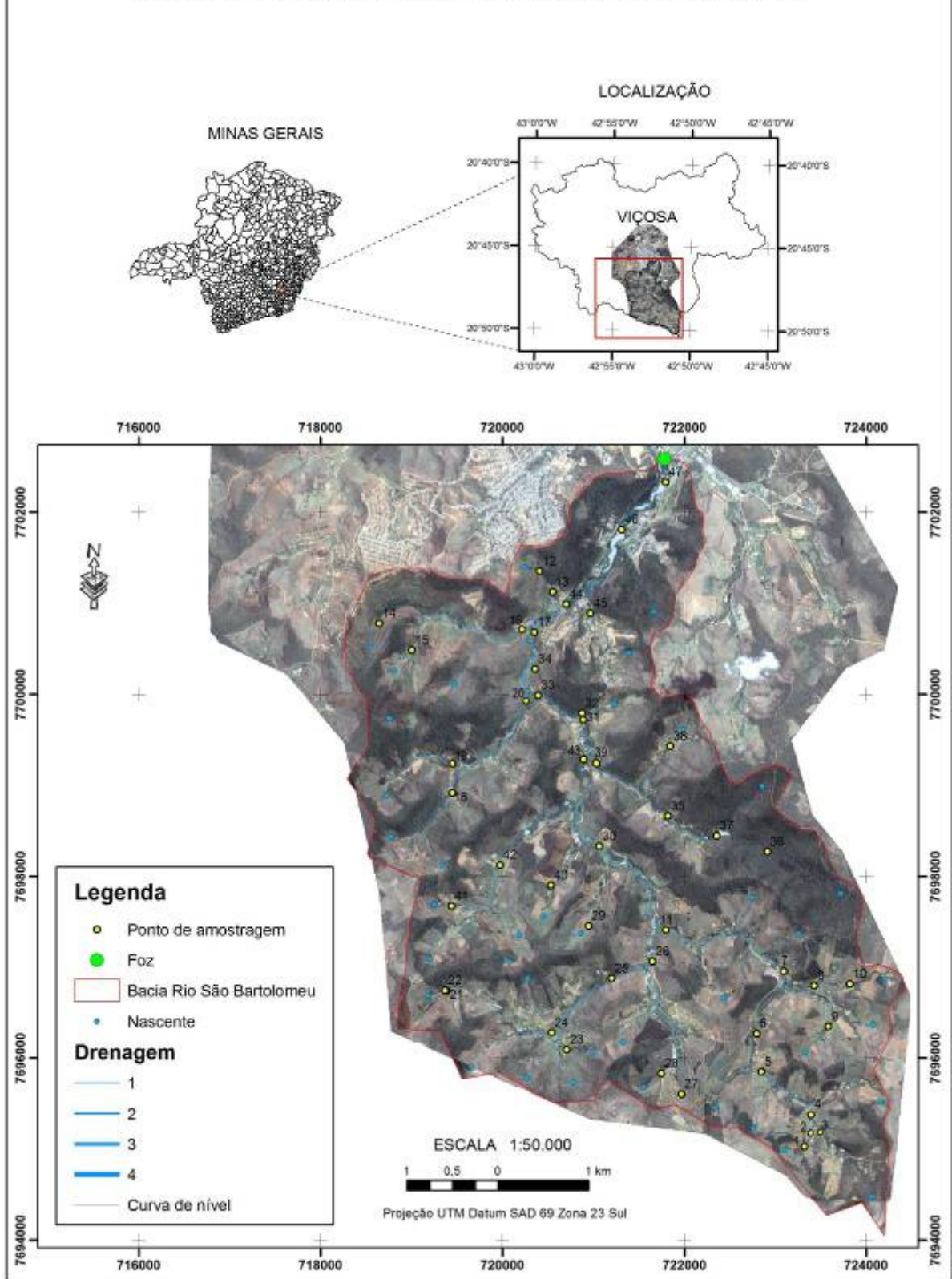
Após a determinação da localização dos pontos de coleta no mapa, foram coletadas as amostras. Cada amostra coletada foi georeferenciada com o auxílio do GPS. O trabalho de campo foi realizado nos dias 16, 17 e 18 de agosto de 2010, para coleta das amostras referentes ao período seco e nos 8 e 9 de novembro de 2010 para coleta das amostras referentes ao período úmido.

Cada amostra de água foi armazenada em um recipiente, denominado tubo Tipo Falcon Fundo Cônico, com 50 ml de volume. Os tubos foram numerados com o número do ponto, enquanto as coordenadas dos pontos, a descrição visual da área, número da foto foram todos anotados em uma caderneta de campo. Foram coletadas 47 amostras para cada período de chuva, sendo que cada sub-bacia teve um número de amostras diferentes, devido ao número de canais de cada uma.

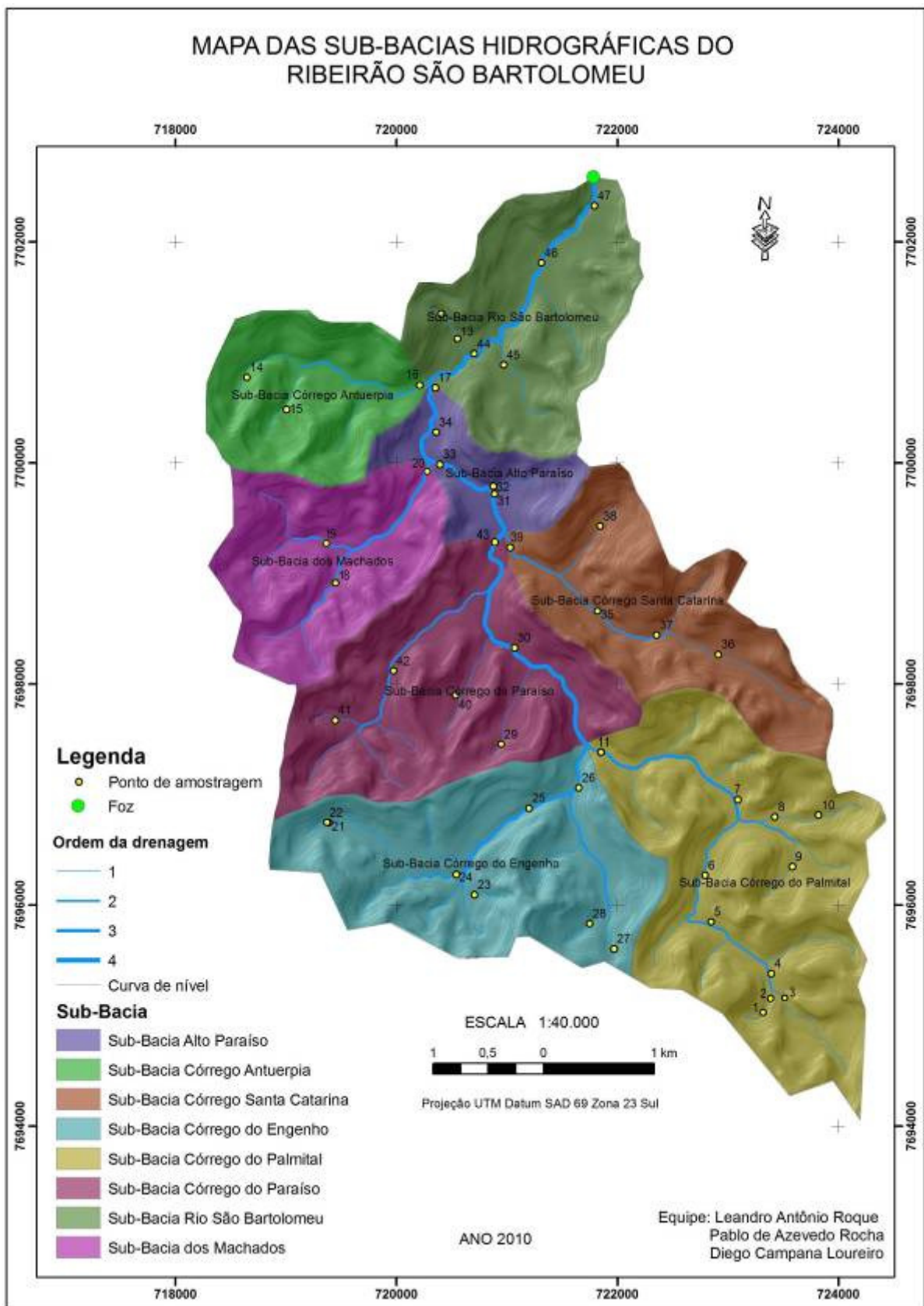
Tabela 9 – Número de pontos de coleta de cada Sub-bacia.

Sub-Bacia	Nº de Pontos
Alto Paraíso	5
Antuérpia	3
Santa Catarina	5
Engenho	8
Palmital	11
Paraíso	6
Machado	3
São Bartolomeu	6

IMAGEM QUICKBIRD DA BACIA RIO SÃO BARTOLOMEU



Mapa 4 – Localização dos pontos de amostragem.



Mapa 5 – Mapa das Sub-bacias com os pontos de amostragem.

5.4- Análises das Amostras

As leituras do grau de turbidez das amostras foram feitas no turbidímetro digital portátil localizado no laboratório da ETA1, do SAAE, Modelo 2100P, da Hach, com capacidade de medir a turbidez entre 0,01 e 1000 NTU.

As leituras de turbidez nas amostras foram realizadas num prazo máximo de 24 horas após serem coletadas, de maneira a que não ocorressem perdas nos valores de turbidez. O frasco de leitura de turbidez do aparelho foi o mesmo utilizado em todas as amostras, procedimento também realizado para garantir as mesmas condições de leituras para todas as amostras.

O procedimento de leitura das amostras consiste nos seguintes passos:

- ✓ Agitar a amostra de água manualmente contida no tubo Falcon, para homogeneizar o conteúdo.
- ✓ Despejar água no tubo de leitura do aparelho até a linha indicadora.
- ✓ Colocar o tubo de leitura no aparelho e fazer a leitura.
- ✓ Repetir a leitura 3 vezes, este método de repetição é conhecido como triplicata e tem como função compensar a variância do aparelho.
- ✓ Anotar os resultados das 3 leituras e uma planilha.
- ✓ Descartar o conteúdo do tubo de leitura, lavar com água destilada; a lavagem com água destilada e para que a amostra seguinte não tenha o seu valor de turbidez alterado por vestígio da amostra anterior; a água destilada, pois valor de NTU de 0,27 e não acarretará em alteração significativa nas leituras das amostras.
- ✓ Secar o tubo de leitura, principalmente no lado de fora.
- ✓ Repetir o mesmo procedimento para as demais amostras.

Após o procedimento de leituras das amostras, o resultado final da turbidez é obtido da média dos resultados das 3 leituras, isto ocorre pelo fato de que os fatores: armazenamento da água nos tubos, tempo para fazer a leitura e luminosidade alteram muito os valores de turbidez, fazendo com que este diminua à medida que ocorre o processo de decantação.

Fotos do trabalho de campo e do processo de análises das amostras.



Foto 1 – Coletando amostra no Curso D'água.



Foto 2 – Coletando amostra próxima a estrada.



Foto 3 – Laboratório da ETA 1 do SAAE.



Foto 4 – Tubos Falcon com as amostras na Bancada.



Foto 5 - Turbidímetro Portátil Modelo 2100P da Hach.



Foto 6 – Frasco de leitura do Turbidímetro.



Foto 7 – Fazendo Leitura no Turbidímetro.



Foto 8 – Resultado da Leitura da Amostra.

6- Resultados e Discussão

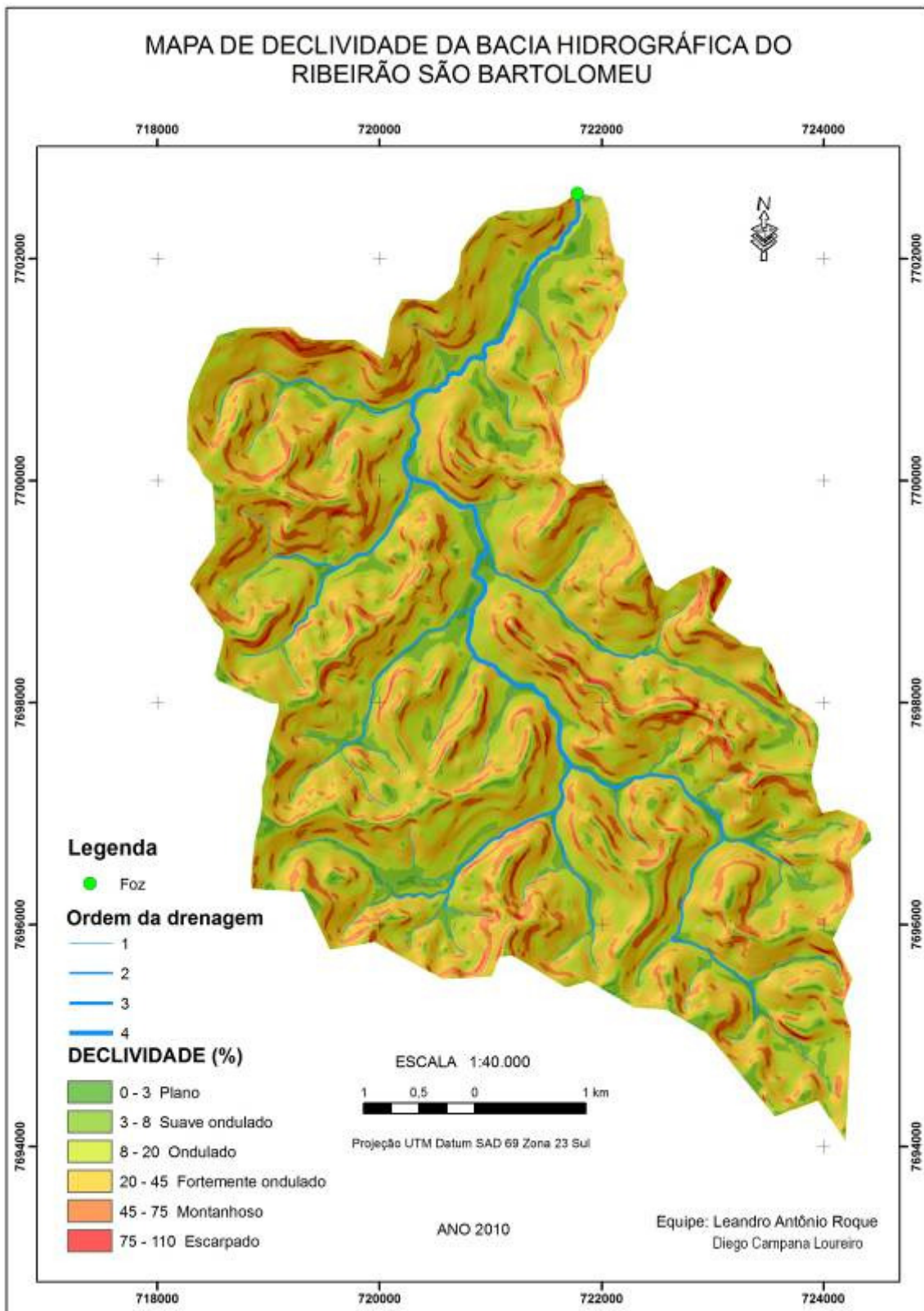
6.1- Critérios

6.1.1- Declividade

Tabela 10 – Classes de Declividade (%), Grau de Fragilidade e Área na Bacia.

Declividade (%)	Grau de Fragilidade	Área na Bacia (%)
0-8 %	1	14,5
8-20 %	2	30,1
20-45 %	3	44,4
45-75 %	4	10,3
> 75%	5	0,7

Como podemos observar a área em estudo apresenta em sua maior parte um percentual de declividade entre 8-45%, sendo esta prevalecendo em 74,5% da área na bacia. Esse tipo de declividade nos revela uma região com muitas vertentes, assim a chuva que cai nos topos de morro, escorre rapidamente para os cursos d'água, principalmente nas áreas desprovidas de vegetação arbórea, quando esta vertente encontra se degradada há uma grande elevação de sedimentos transportados para os cursos d'água, levando ao aumento do grau de turbidez.



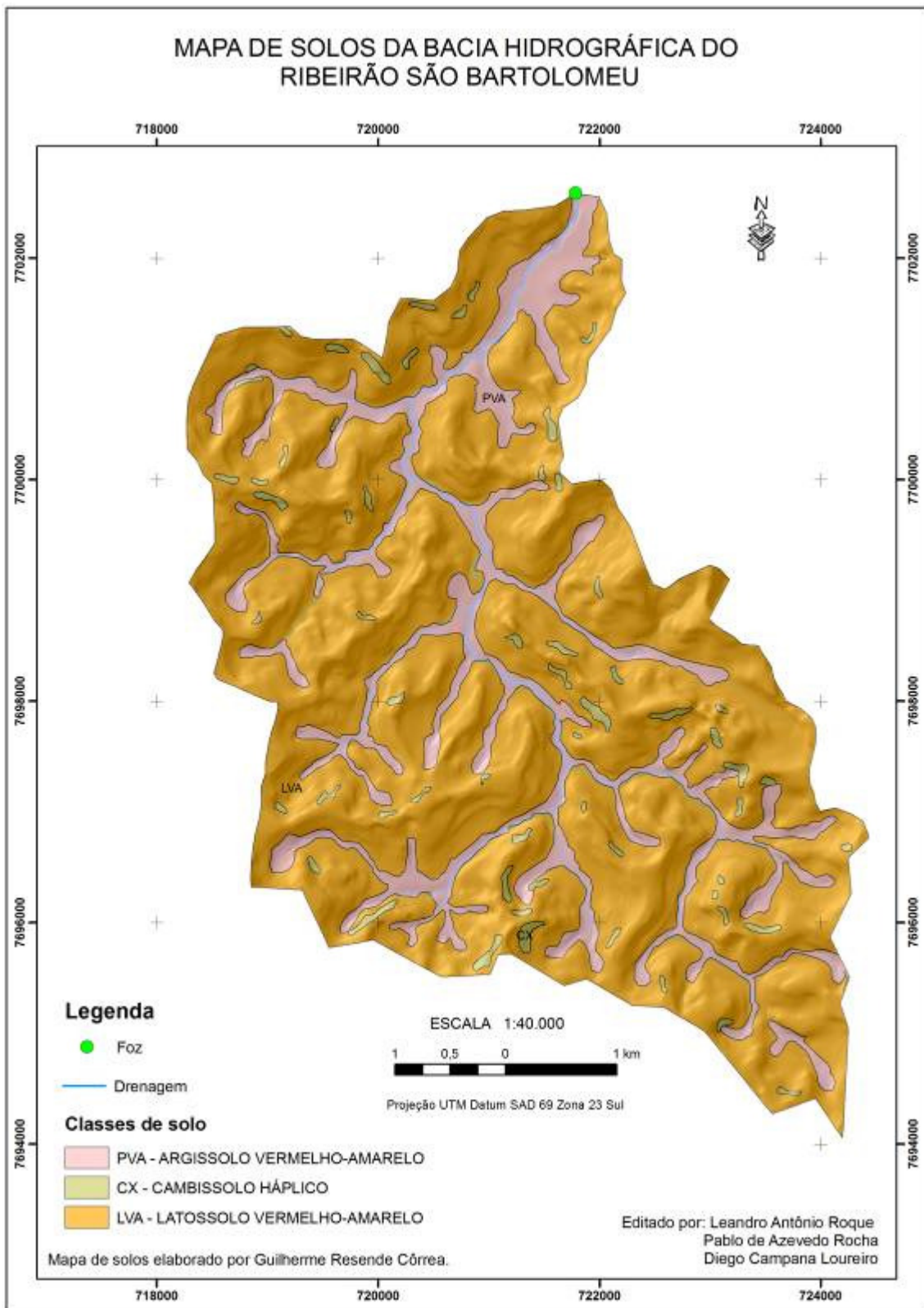
Mapa 6: Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG.

6.1.2- Solos

Tabela 11 – Classes de solo, Grau de Fragilidade e Área na Bacia.

Classe de solos	Grau de fragilidade	Área na Bacia (%)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	1	81,3
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	4	16,5
Cambissolo Háplico (CX)	5	2,2

Em função da escala adota e do nível de detalhamento, observa se na bacia 3 classes de solos. Abrangendo 81,3% da área, o Latossolo Vermelho – Amarelo (LVA) possui o menor grau de fragilidade. Não se observou em campo processos avançados de erosão como voçorocas, mas foram observados processos erosivos como erosão laminar e linear. Estes processos erosivos é o resultado do não uso de técnicas adequadas de manejo e conservação do solo.



Mapa 7: Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

6.1.3 - Uso e Ocupação

Tabela 12 – Classe de Uso e Ocupação, Grau de Fragilidade e Área na bacia

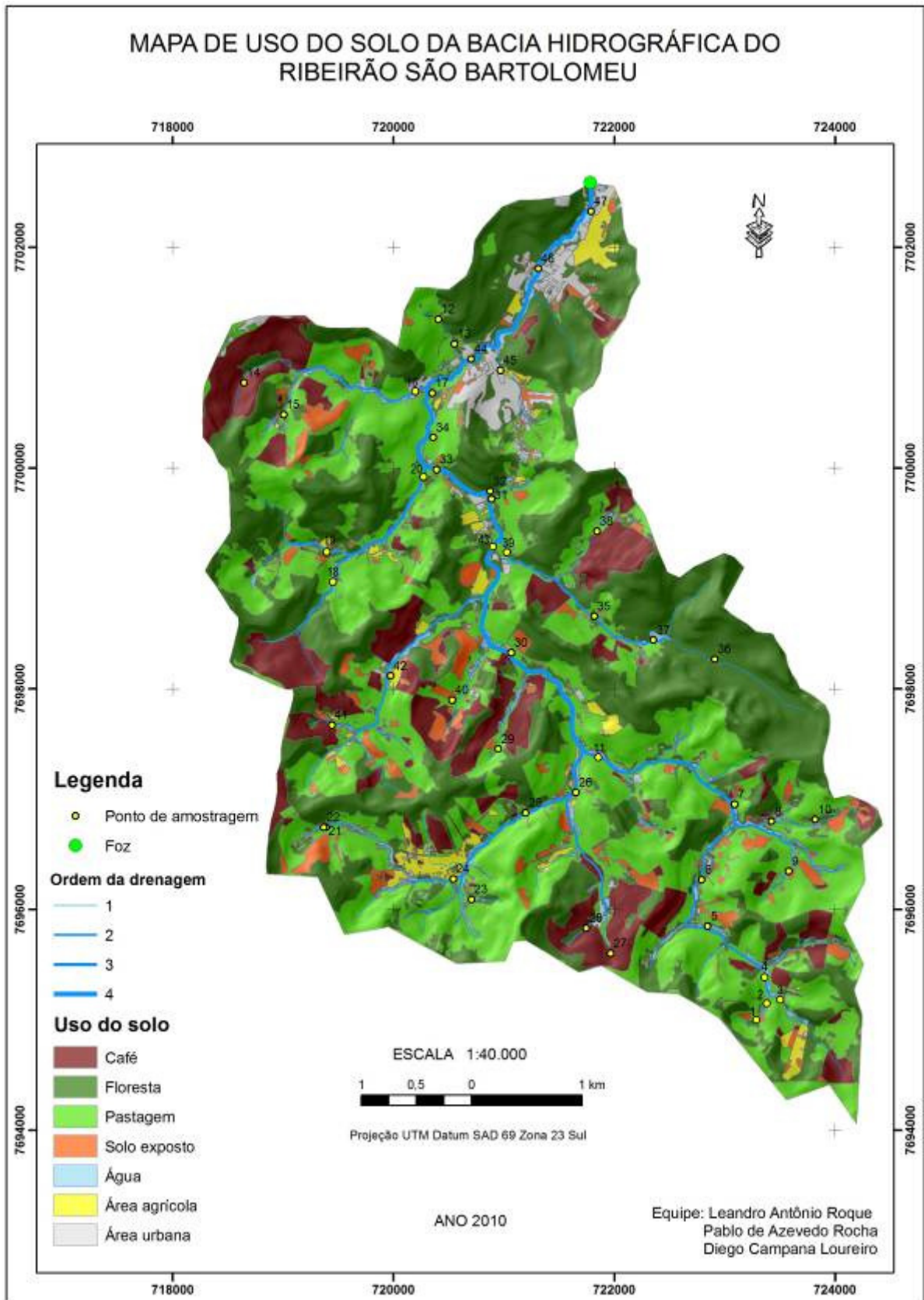
Uso e Ocupação	Grau de Fragilidade	Área na Bacia (%)
Mata	1	37,5
Pastagem	2	39,9
Área Urbana	3	2,9
Café	4	11,9
Área agrícola	5	2,0
Solo Exposto	5	4,2

A pastagem possui o maior percentual da área em estudo com aproximadamente 39,9% da área na bacia e encontram-se, na grande maioria, degradadas, devido a super pisoteio, ausência de terraciamento e anualmente são alvo de queimadas.

O solo exposto esta relacionado às queimadas e pastagens mal manejadas. Desprotegido das chuvas que, quando ocorre intensificam os processos erosivos, como erosão laminar e linear, sendo estas áreas responsáveis pelo aumento do transporte de sedimentos para os cursos d'água levando ao aumento do índice de turbidez da mesma.

O percentual de mata de aproximadamente 37,5% refere se ao somatório das áreas de mata primária, mata secundária, capoeira e eucalipto, este último tem crescido devido à grande demanda dessa fonte de matéria prima e energia.

A área urbana está praticamente representada por parte da UFV, a Vila Alves, os condomínios Bosque Acamari, Jardins do Vale e Monte Verde e pelos bairros Rua Nova e Romão dos Reis, com aproximadamente 2,9 % da área, todas estas áreas, com exceção do condomínio Bosque Acamari ainda estão em processo de crescimento devido à sua proximidade com a UFV.



Mapa 8: Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG.

6.1.4 – Fragilidade Ambiental

Tabela 13 – Classe de Fragilidade, Área na Bacia e Grau de Fragilidade

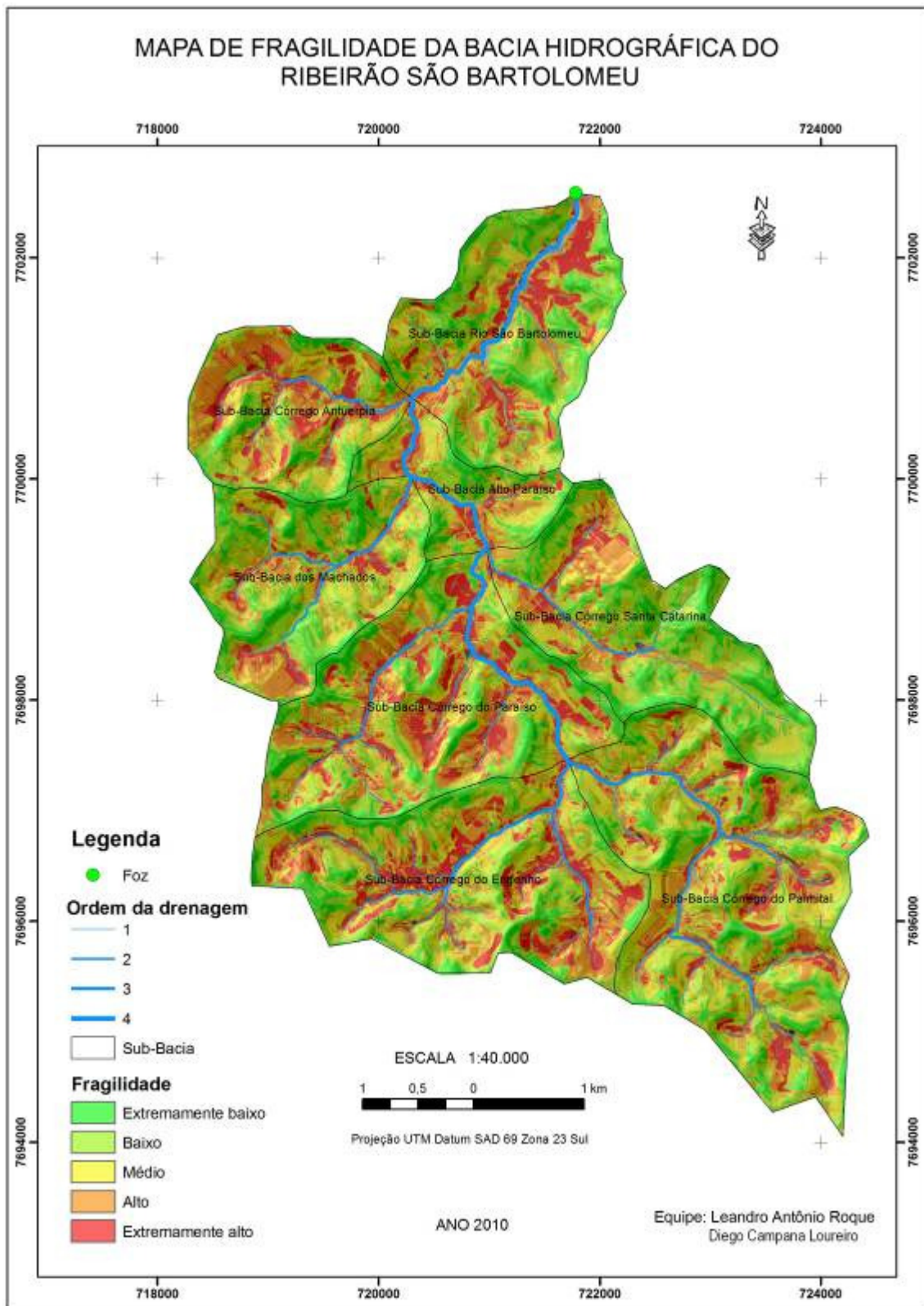
Classe de Fragilidade	Área na Bacia (%)	Faixas de Fragilidade
Extremamente Baixo	16,8	1
Baixo	23,7	2
Média	24,5	3
Alta	22,8	4
Extremamente Alta	12,2	5

Como podemos observar a área em estudo apresenta um considerável grau de fragilidade, pois se somarmos as áreas com classe de fragilidade Média, Alta e Extremamente Alta, estas áreas estão prevalecendo em aproximadamente 59,5% da área.

Somando aos fatores naturais, a ação do homem pode aumentar a fragilidade desse tipo de ambiente, pois a ocupação dos topos de morro por pastagens que em sua maioria são mal manejadas, levando assim o surgimento de solo exposto. Este é um dos principais causadores de processo erosivos, que acabam por transportar sedimentos para o leito dos rios.

Os Cambissolos são naturalmente erodíveis e a classe que o representa no critério solos tem área igual a 2,2%, a qual recebeu peso 5. Estes solos encontram-se na paisagem em porções do relevo com acentuado declive, nas geformas côncavas.

Áreas com graus de fragilidade potencial elevados devem receber maior atenção, evitando nelas qualquer tipo de uso que colabore na degradação da bacia, principalmente as áreas próximas aos cursos d'água, que levará o comprometimento da qualidade da água para abastecimento público.



Mapa 9: Mapa de Fragilidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

6.1.5 - Turbidez

Na análise de turbidez da bacia os resultados serão apresentados em duas formas diferentes, primeiro serão discutidos os resultados dos pontos levando em questão o uso de ocupação que prevalece em seu entorno, finalmente serão apresentados os resultados dos índices de turbidez de cada sub- bacia.

A análise da turbidez demonstra que, de modo geral, todos os pontos amostrados sofreram aumento nas taxas durante a estação úmida, alguns pontos tiveram aumentos mais significativos, principalmente em pontos à montante dos quais existe solo exposto, condicionado à presença de maiores declividades. Segundo Alves (2007) quando o solo fica descoberto, o impacto direto das gotas da chuva proporciona a formação do efeito “*splash*”, que desagrega partículas do solo e também executa a sua selagem, levando num maior escoamento superficial.

A urbanização é outro uso que exerce pressão e gera impactos nas águas, já que, muitas vezes, substitui a cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis e introduz condutos para o escoamento pluvial, alterando os componentes do ciclo hidrológico natural, principalmente o escoamento superficial e a infiltração.

OS Resultados das amostras nos períodos, seco e úmido ver as tabelas 10 e 11, páginas 45 e 46.

No gráfico da página 47 são apresentados os resultados obtidos nas duas campanhas. É possível observar-se que 6 pontos tiveram turbidez acima de 90 NTU, sendo estes pontos os de número 21, 22, 28, 29, 38 e 47.

Tabela 14 - Resultados das Análises Período Seco (NTU)				
Ponto	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
1	6,46	6,39	6,37	6,41
2	7,44	7,20	5,98	6,87
3	11,50	10,00	10,30	10,60
4	6,30	5,82	6,40	6,17
5	8,14	7,28	6,26	7,23
6	2,10	2,57	2,11	2,26
7	11,50	11,40	10,50	11,13
8	5,15	5,05	4,41	4,87
9	6,62	5,65	6,11	6,13
10	15,90	14,70	14,40	15,00
11	1,29	1,15	1,11	1,18
12	10,30	7,44	7,82	8,52
13	6,49	5,71	5,06	5,75
14	2,85	2,50	2,32	2,56
15	22,50	24,60	21,10	22,73
16	4,63	4,16	4,70	4,50
17	1,68	2,33	1,67	1,89
18	2,36	2,24	2,27	2,29
19	15,80	15,50	15,30	15,53
20	6,01	4,76	4,14	4,97
21	69,40	68,80	70,00	69,40
22	8,77	8,59	9,26	8,87
23	6,10	5,93	7,18	6,40
24	11,40	11,30	10,80	11,17
25	6,54	4,32	4,69	5,18
26	3,41	2,47	2,77	2,88
27	3,00	2,82	3,29	3,04
28	7,54	6,07	6,27	6,63
29	1,73	1,29	1,80	1,61
30	2,09	2,41	3,67	2,72
31	1,85	1,93	1,86	1,88
32	13,00	12,20	12,30	12,50
33	4,83	4,77	4,37	4,66
34	4,77	6,23	4,93	5,31
35	27,50	25,30	25,70	26,17
36	-	-	-	-
37	23,20	22,50	22,40	22,70
38	5,14	5,42	4,97	5,18
39	10,80	8,46	8,98	9,41
40	5,68	6,60	6,05	6,11
41	32,60	33,50	33,60	33,23
42	3,68	3,71	4,31	3,90
43	2,63	3,57	2,47	2,89
44	2,87	3,31	3,13	3,10
45	4,77	3,58	4,07	4,14
46	4,22	3,86	4,13	4,07
47	5,07	5,36	5,39	5,27

Tabela 15 - Resultados das Análises Período Úmido (NTU)				
Ponto	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
1	36,3	36,5	36,9	36,6
2	38,3	38,6	38,2	38,4
3	25,7	25,6	25,2	25,5
4	11,6	13,1	10	11,6
5	14,1	14,2	14	14,1
6	16,1	16,4	17	16,5
7	46,9	40	41,8	42,9
8	21,4	21,6	20,7	21,2
9	11,2	10,3	10,9	10,8
10	16,1	14	14,5	14,9
11	9,69	9,52	9,23	9,5
12	6,91	6,14	6,27	6,4
13	15,4	15,3	15,3	15,3
14	8,8	8,56	8,48	8,6
15	11,8	11,1	11,2	11,4
16	47,8	46,7	49,2	47,9
17	9,2	9,14	9,34	9,2
18	6,02	5,86	5,59	5,8
19	60,1	59,8	59,3	59,7
20	15,3	15	15,1	15,1
21	136	134	132	134,0
22	134	133	131	132,7
23	37,2	37,2	35,6	36,7
24	30,4	27,8	31,6	29,9
25	11,7	12	11,7	11,8
26	10,9	11,3	11,7	11,3
27	9	8,39	8,45	8,6
28	130	129	129	129,3
29	173	175	173	173,7
30	20,9	21,6	19,1	20,5
31	16,1	14,8	14,9	15,3
32	12,4	11,4	10,5	11,4
33	19,7	16,7	14,2	16,9
34	9,32	9,5	9,39	9,4
35	24,3	23,4	24,5	24,1
36	11,8	10,8	9,83	10,8
37	20,8	19,9	20	20,2
38	140	142	144	142,0
39	18,8	18,5	19,7	19,0
40	52,7	52,3	52,3	52,4
41	62,1	60,3	60,8	61,1
42	22,8	20,8	20,5	21,4
43	10,5	10,2	10,6	10,4
44	12,84	12,36	12,99	12,7
45	11,2	11,2	11,79	11,4
46	72,4	73,2	73,1	72,9
47	97,9	97,4	98,1	97,8

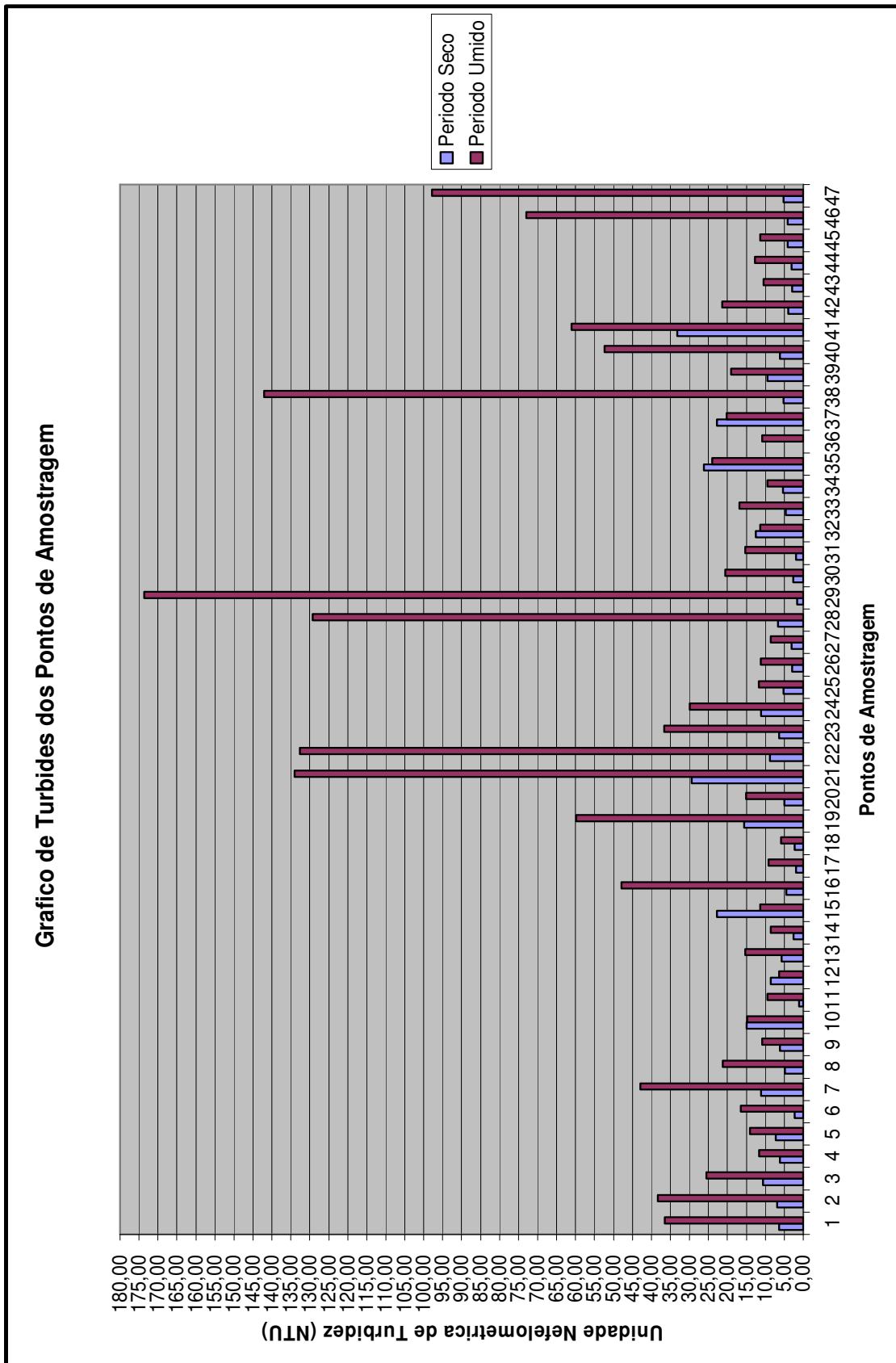


Gráfico 1 – Gráfico de turbidez dos pontos de amostragem nos períodos seco e úmido.

Os pontos 21 e 22, localizados no córrego do Engenho, foram escolhidos próximos propositalmente, a fim de comparar a turbidez no curso d'água representado pelo ponto 22 e uma lagoa representada pelo ponto 21, já que nas lagoas em que não ocorre o efeito de diluição a turbidez no período seco é bem maior que em cursos d'água que apresentam água corrente. O ponto 21 apresentou turbidez no período seco de 69,40 e no ponto 22 neste mesmo período foi medido 8,87 (NTU), o ponto 22 apresentou valor de NTU aproximadamente 8 vezes menor que o ponto 22 no período seco. Pode-se considerar que em cursos d'água com boa vazão o índice de turbidez tende a abaixar rapidamente. Os dados obtidos mostram que no período úmido o ponto 21 apresentou turbidez de 134,0 (NTU) e o ponto 22 de 132,7 (NTU), assim é possível considerar que as lagoas próximas aos cursos d'água dão noção da quantidade de sedimentos que foram transportados. Com relação ao uso e ocupação nas proximidades dos pontos 21 e 22 observa-se uma grade área a montante de solo exposto, explicado assim a origem do material que está levando ao aumento da turbidez no período úmido. Situação semelhante aos pontos 21 e 22 ocorre também nos pontos 18 e 19.

O ponto 28 foi coletado em uma represa situada num fundo de vale, cujas redondezas são ocupadas por lavoura de café. A turbidez no período seco foi de 6,63 (NTU) e no período úmido passou a 129,3 (NTU), um aumento de turbidez de aproximadamente 20 vezes, o que demonstra a quantidade de sedimentos que é carregado das lavouras de café no seu entorno. Este resultado corrobora o peso 4 na classificação da fragilidade ambiental, o que na categoria de hierarquia significa alto grau de fragilidade.

O ponto 29, localizado na sub-bacia do córrego Paraíso, apresentou uma situação inicial semelhante ao ponto 36, localizado na sub-bacia do córrego Santa Catarina. O ponto 29 é uma represa que estava praticamente seca no período seco, sendo possível coletar água somente de um olho d'água, que estava sendo todo desviado para o abastecimento doméstico e apresentou leitura de turbidez de 1,61 (NTU). No ponto 36 não foi possível coletar amostra, pois estava completamente seco.

No período úmido o ponto 29 apresentou turbidez de 173,7 (NTU), enquanto que no ponto 36 a turbidez foi de 10,8 (NTU), a diferença de aproximadamente 17 vezes na turbidez dos pontos pode ser explicada pela presença de cobertura vegetal, já que enquanto o entorno do ponto 29 é ocupado por solo exposto lavoura de café e pastagem, enquanto que o ponto 36 está cercado de mata densa com dossel elevado. A seguir apresentam-se fotos dos pontos 29 e 36 nos períodos seco e úmido.



Foto 9 -Ponto 29 – Período seco.



Foto 10 -Ponto 36 – período seco.



Foto 11 -Ponto 29 – Período Úmido.



Foto 12 - Ponto 36 – Período Úmido.

O ponto 38 teve a turbidez no período seco de 5,18 (NTU) e no período úmido de 142,0 (NTU), um aumento de aproximadamente de 27 vezes no valor de turbidez, também verificou se a presença de lavoura de café e solo exposto nas proximidades do ponto, e de animais que pisoteavam os cursos d'água, como se observa na foto a seguir.



Foto 13 – Ponto 38 gado invadindo o curso D'água.

O ponto 47 é o ponto mais a jusante da área em estudo. Nele a turbidez medida no período seco foi de 5,27 (NTU) e no período úmido de 97,8 (NTU),

mostrando um aumento de aproximadamente 20 vezes no valor da turbidez. Estes resultados eram esperados devido a três fatores: é uma represa que é responsável por 60% do abastecimento de água da cidade e 100% da UFV; o segundo fator refere-se ao fato desse ser o ponto mais a jusante da bacia, no qual se refletem todos os impactos ocorridos à montante; por fim, o terceiro fator é que ao redor desse ponto encontra-se a região mais urbanizada da bacia em estudo, e, como já foi dito antes, a urbanização altera os componentes do ciclo hidrológico natural.

Durante o ano a represa de abastecimento foi monitorada. Nas fotos a seguir mostram-se a variação no nível e da turbidez da água.



Foto 14 - Início do período e estiagem.



Foto 15 - Entulho carregado durante a última chuva.



Foto 16 - Final do período de estiagem.



Foto 17 - Final do período de estiagem.



Foto 18 - Início do período úmido.



Foto 19 - Início período úmido, nível Máximo.



Foto 20 – Visão geral período seco



Foto 21 – Visão geral período úmido.

Nos pontos 10, 15, 32, 35 e 37 houve uma redução no índice de turbidez do período seco em relação ao período úmido. Nestes pontos a chuva serviu como um agente de diluição. O ponto 10 teve turbidez de 15,0 (NTU) no período seco e 14,9 (NTU) no período úmido; o ponto 15 apresentou turbidez de 22,73 (NTU) no período seco e 11,4 (NTU) no período úmido; o ponto 32 a turbidez foi 12,50 (NTU) no período seco e 11,4 no período úmido; e, por fim, o ponto 35 a turbidez apresentada de 26,17 (NTU) no período seco e 24,1 (NTU) no período úmido. Por se tratar de uma região mais plana, a velocidade do curso d'água tende a ser menor, proporcionando o surgimento de ferro na forma orgânica, que mesmo em níveis reduzidos, pode favorecer o crescimento de bactérias – *Iron Bacteria* (ferrobactérias). O desenvolvimento destes microorganismos resulta na formação de uma película de textura gelatinosa (uma espécie de filme biológico), que provoca incrustações em tubulações e transmite à água um gosto desagradável. Devido à sua natureza é uma das formas de ferro mais difíceis de remover e controlar e causam um aumento da turbidez da água.

Foi observada esta textura gelatinosa nos pontos 10, 15, 32 e 35 como se mostra nas fotos a seguir.



Fotos 22 e 23 Texturas gelatinosas causada por (ferrobactérias) apontadas pelas Setas.

No ponto 37 os resultados de turbidez foram de 22,70 (NTU) para o período seco e 20,2 (NTU) para o período úmido. Neste ponto a chuva também atuou como agente de diluição, mas a explicação para a turbidez maior no período seco é outra. O ponto 37 é uma represa que está praticamente toda cercada por floresta. No período seco ocorre uma elevação da turbidez em função do aumento de matéria orgânica resultante do carregamento de folhas e galhos no período úmido anterior causando o aumento de organismos como Fitoplâncton e Zooplâncton, que leva ao aumento da turbidez da água. Na foto a seguir apresenta-se a água como a coloração característica da presença destes organismos.



Foto 24 – Ponto 37 represa da mata do Paraíso.

Os demais pontos apresentaram turbidez abaixo de 65 (NTU), tendo também uma grande relação com o uso e ocupação. Na medida em que ao uso e ocupação são intensificados nestes pontos a tendência é aumentar o índice, podendo-se constatar que quanto maior o grau de fragilidade do uso e maior a ocupação maior é a sua interferência na turbidez.

O resultado da turbidez de cada sub-bacia foi determinado pelo ponto mais a jusante em cada uma. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 16, na qual constam, ainda, o nome da sub-bacia e os pontos monitorados. No Gráfico 2 os resultados são plotados na forma de histogramas.

Tabela 16 – Turbidez e pontos de representação das sub-bacias.

Sub-Bacia	Ponto	Período Seco (NTU)	Período Úmido (NTU)
Córrego Alto Paraíso	17	5,31	9,4
Córrego Antuérpia	16	4,5	47,9
Córrego do Engenho	26	2,88	11,3
Córrego dos Machados	20	4,97	15,01
Córrego Palmital	11	1,18	9,5
Córrego Paraíso	43	2,89	10,4
Córrego Santa Catarina	39	9,41	19
São Bartolomeu	47	5,27	97,8

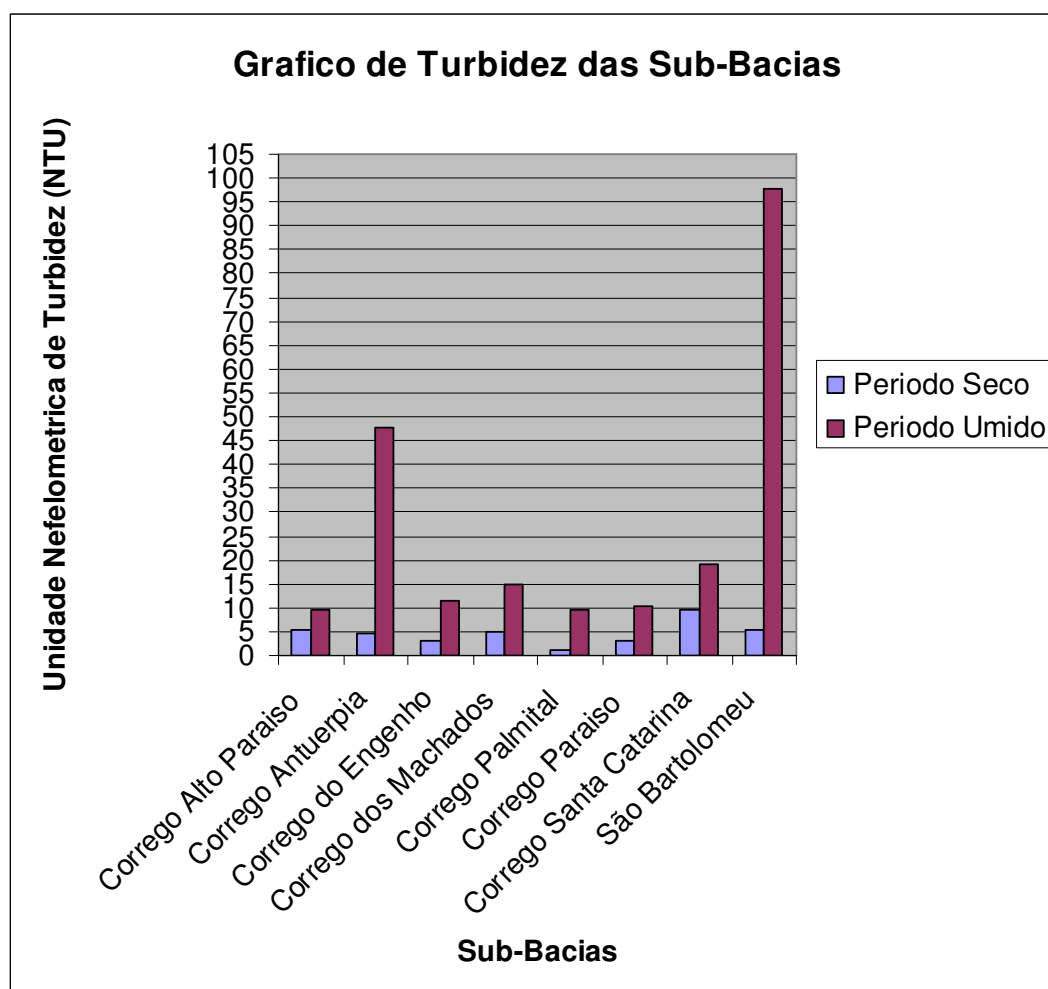


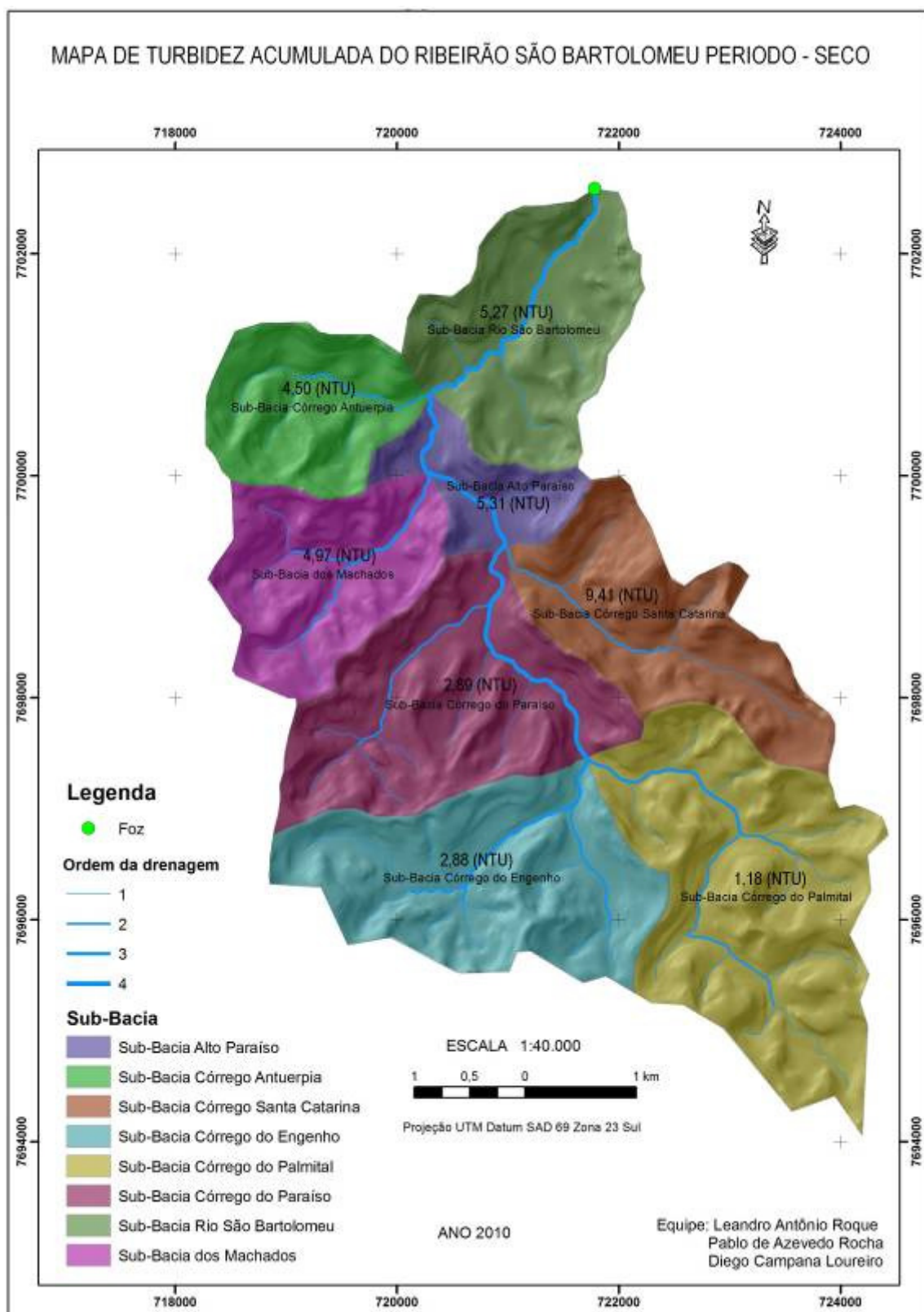
Gráfico 2 – Turbidez das sub-bacias.

As sub-bacias que apresentaram maior índice de turbidez foram Córrego Antuérpia e São Bartolomeu. O córrego Antuérpia representado pelo ponto 16 apresentou turbidez de 4,5 (NTU) no período seco e 47,9 (NTU) no período úmido, resultado que se deve à presença de uma grande área de cafezal, solo exposto, pastagem e área urbana. Nesta região há duas nascentes principais, assim o

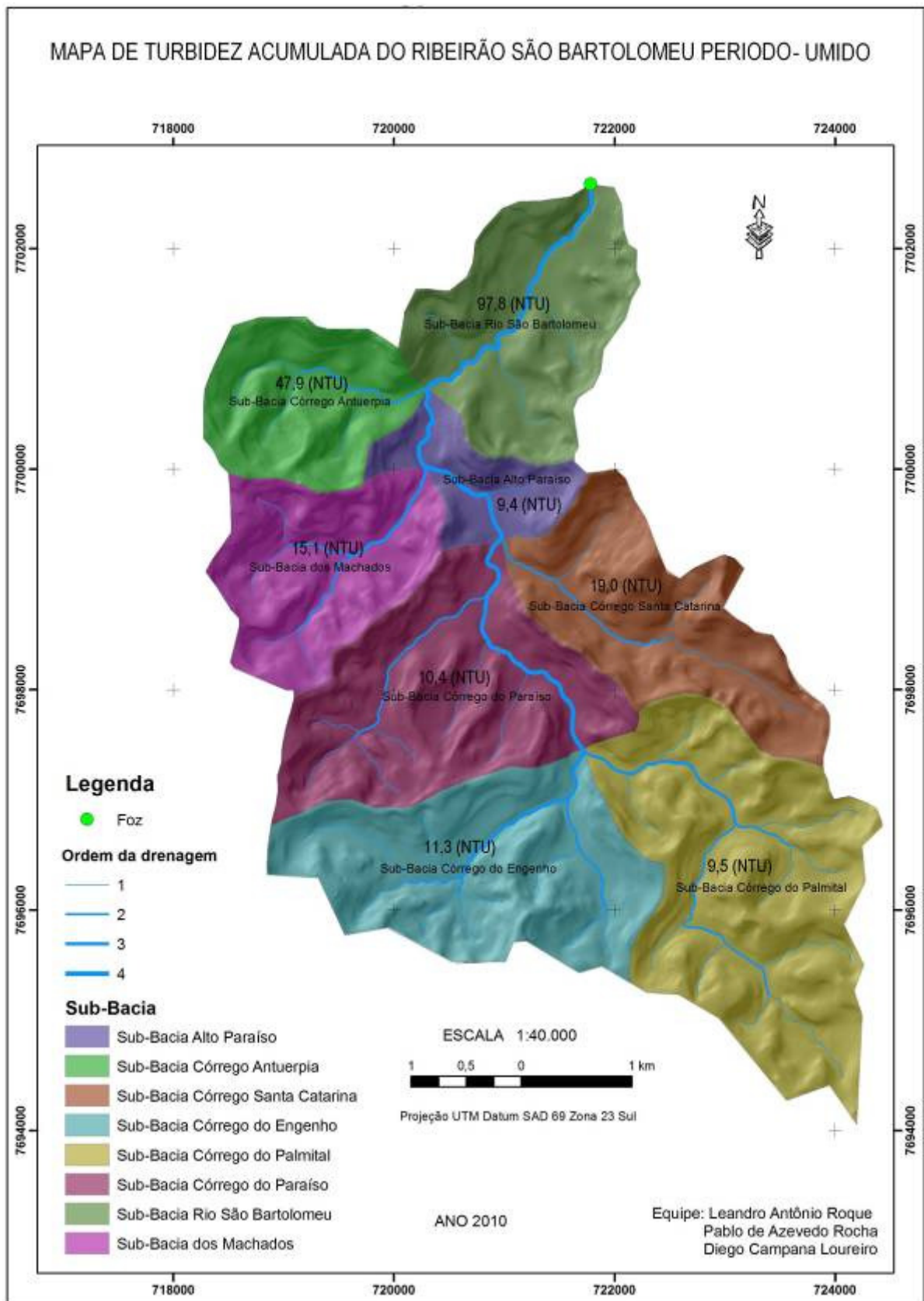
carregamento de sedimento nesta sub-bacia é muito elevado e o efeito de diluição proporcionado pelos cursos d'água é baixo devido à baixa vazão.

A sub-bacia São Bartolomeu, representada pelo ponto 47 teve turbidez de 5,27 (NTU) no período seco e 97,8 (NTU), a razão disto já foi explicada anteriormente na análise do ponto 47.

As sub-bacias Córrego Alto Paraíso, Córrego do Engenho, Córrego dos Machado, Córrego Paraíso e Córrego Santa Catarina tiveram turbidez abaixo de 15 (NTU). Os resultados da turbidez das sub-bacias foram também apresentados em dois mapas, um para o período seco (Mapa 10) e o outro para o período úmido (Mapa 11).



Mapa 10 – Turbidez Acumulada das Sub-bacias Período Seco.



Mapa 11 – Turbidez Acumulada das Sub-bacias Período Úmido.

7- Conclusões

Os resultados obtidos permitem observar um aumento considerável no aporte de sedimentos no ribeirão São Bartolomeu, principalmente na época chuvosa, cuja origem está principalmente ligada à presença de áreas com certo grau de urbanização, cafezais e áreas de pastagens, estas últimas em sua maior parte degradadas, localmente com a retirada quase total do horizonte A. Estas observações mostram que não há utilização de técnicas de manejo e conservação do solo e da água, não sendo, portanto, respeitada a capacidade de suporte do meio.

A bacia em estudo apresenta-se em estágio avançado de degradação devido aos intensos processos de uso e ocupação, o que gera problemas socioeconômicos, dentre eles a grande quantidade de sedimentos que chegam à estação de tratamento (ETA1), principalmente no período chuvoso, o que leva a um maior gasto com substâncias flocculantes, além da diminuição no intervalo de tempo para limpeza do tanque de decantação e filtros. O transporte de sedimento também influencia no comportamento hidrológico da bacia, levando a assoreamento dos cursos d'água e redução da vazão.

A análise do processo de sedimentação na bacia hidrográfica por meio de medição de turbidez da água mostrou se bastante eficaz, pois a turbidez da água pode se torna um indicador do nível de degradação que cada uso e ocupação exerce no meio. Assim são necessários que na região de estudo, sejam implantados programas relacionados ao uso da terra e da água, propondo técnicas mais adequadas de manejo e conservação do solo e da água. Por fim, deve-se seguir a legislação com relação à preservação de áreas de APPs, tanto próximas aos cursos d'água quanto nos topos de morros, para que se possa respeitar a capacidade de suporte do ambiente.

Referencias Bibliográficas

ALVES, R. R. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca**: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia – MG (Dissertação de mestrado). Uberlândia (MG): UFU; 2007.

Braga, Roberto. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional** / Roberto Braga, Pompeu Figueiredo de Carvalho. – Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003, 131 p.: Il. Tabs., quadros, fots., mapas.

CARVALHO, J.C et al. Processos Erosivos. *In*: J.C. CARVALHO et al (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro- Oeste Brasileiro**. Brasília: Finatec, 2006. cap. 2, p. 63-96

FARIA, A L L. **Geoprocessamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo – Juiz de Fora(MG)**: Um Diagnóstico Ambiental das áreas de Susceptibilidade à Erosão e de Potencial para Pecuária de Leite. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ. UFRRJ 2001.

GUERRA, A.J.T; BOTELHO, R.G.M. **Erosão dos solos**. *In*: Geomorfologia do Brasil.Orgs.: A.J.T. Guerra e S.B. da Cunha. 2a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A.J.T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. **Degradação Ambiental**. *In*: Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

Guerra, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia ambiental** / Antonio José Teixeira Guerra, Mônica dos Santos Marçal. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 372p.

lêdo Bezerra Sá, et al, **Deteccão das fontes de sedimentos no Rio São Francisco: uma abordagem utilizando técnicas de sensoriamento remoto** - Instituto do Milênio Semi-Árido, XXVII Reunião Nordestina de Botânica, Petrolina, 22 a 25 de março de 2004.

Juliana Scapin, et al, **CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM UM PEQUENO RIO URBANO EM SANTA MARIA – RS- VI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS (VI ENES)** 06 a 10 de dezembro de 2004; Novotel – Vitória – Espírito Santo

LOPES, F. W. A.; DUTRA, G. C.; PEREIRA, J. A.; CARVALHO, L. M. T. **Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão Carranca – MG**. *In*: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: p. 3421-3428, 2007.

Matos, Antonio Teixeira de. **Poluição ambiental: impactos no meio físico** / Antonio Teixeira de Matos. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 260p.

Morais, J.O, et al , **O TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NO ESTUÁRIO DO RIO TIMONHA -CEARÁ – BRASIL**, II CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA 09 a 12 de Outubro de 2005 - Vitória - ES – Brasil.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 3a ed. Viçosa, NEPUT, 1999. 369p.

ROCHA, J. V.; Sistema de informações geográficas no contexto do planejamento integrado de bacias hidrográficas. In: ORTEGA, E. (Org.). **Engenharia ecológica e agricultura sustentável**. Campinas: [s.n.], 2003. Cap. 20, p. 1-13.

ROSS, J. L. S. & DEL PRETTE, M. E. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental**. Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. Nº 12, 1998.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. **Análise hidrológica e socioambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Romão dos Reis**, Viçosa – MG. Revista Árvore. Viçosa: 31(5), p. 931-940, 2007.