

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO –
SÃO CARLOS (SP)

LEANDRO CONTRI CAMPANELLI

São Carlos

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO –
SÃO CARLOS (SP)

LEANDRO CONTRI CAMPANELLI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

São Carlos

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C186zg

Campanelli, Leandro Contri.
Zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia
hidrográfica do Rio do Monjolinho – São Carlos (SP) /
Leandro Contri Campanelli. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
136 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2012.

1. Planejamento físico-ambiental. 2. Zoneamento
ambiental. 3. Bacias hidrográficas. I. Título.

CDD: 711.42 (20^a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
C. P. 676 – 13.560-970 – São Carlos – SP
Fone/FAX: (16) 3351-8295
e-mail: ppgeu@ufscar.br home-page: www.ppgeu.ufscar.br



FOLHA DE APROVAÇÃO

LEANDRO CONTRI CAMPANELLI

Dissertação defendida e aprovada em 20/09 /2012
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof. Tit. José Galizia Tundisi
(Instituto Internacional de Ecologia)

Prof. Dr. João Sergio Cordeiro
(DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
Coordenador do CPGEU

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ter me concedido sabedoria e perseverança para desenvolver este trabalho.

A meus pais, irmãos e familiares por estarem sempre ao meu lado.

À minha namorada Keila Erika, pela inspiração, compreensão e cumplicidade em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Lorandi, pela orientação, solicitude e confiança.

Ao amigo Eliezer Bernardes Inêz, grande companheiro de estudo e de trabalho, que me auxiliou incansavelmente nas etapas mais importantes de execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento concedido.

Aos colegas de trabalho da Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental (AIIEGA), Felipe Blanco Cornachioni e Ricardo Milanetti Degani, que me socorreram em alguns momentos obscuros.

Aos membros da banca, Prof. Dr. José Galizia Tundisi e Prof. Dr. João Sergio Cordeiro, pelo tempo dispensado e pelas valiosas contribuições.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com a edificação deste trabalho.

*“Se chorei ou se sorri
O importante é que emoções eu vivi”
(Roberto Carlos e Erasmo Carlos)*

RESUMO

Atualmente verifica-se uma tendência de os planejadores adotarem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. A bacia hidrográfica corresponde a uma unidade física e biogeofisiográfica com fronteiras delimitadas e que pode estender-se por várias escalas espaciais. Um instrumento que tem sido utilizado para subsidiar o planejamento ambiental de bacias hidrográficas é o zoneamento (geo)ambiental, o qual pode ser definido como sendo a compartimentação de uma área em zonas, com base na avaliação dos atributos do meio físico mais relevantes e de suas dinâmicas. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos, SP) na escala de 1:50.000, a qual poderá ser utilizada por gestores e planejadores com o intuito de balizar o processo de ocupação urbana, minimizando impactos ambientais. A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho estende-se por aproximadamente 275 km², tendo a maior parte de sua área contida no município de São Carlos e uma pequena parcela correspondendo ao município vizinho de Ibaté. Os documentos cartográficos gerados na escala de 1:50.000, incluindo mapas e cartas representativos de diferentes componentes do meio físico, e que subsidiaram o zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia em questão foram: Mapa Cadastral, Carta de Declividades, Mapa de Uso e Cobertura do Solo, Mapa de Formações Geológicas de Superfície, Mapa de Materiais Inconsolidados, Mapa de Unidades Aquíferas e Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação. Como resultado do trabalho obteve-se a carta de zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, com foco no processo de ocupação urbana. Este documento cartográfico compartimentou a bacia nas seguintes classes de aptidão à ocupação urbana: áreas propícias, áreas pouco favoráveis e áreas impróprias.

Palavras chave: Bacia Hidrográfica; Zoneamento (Geo)ambiental Analítico.

ABSTRACT

Today's administrators are increasingly adopting a river basin as a planning and management unit. A river basin consists of a physical and biogeophysiographic unit with delimited boundaries, which can extend to several spatial scales. Environmental zoning – a much-used tool in environmental planning of watersheds – may be defined as the compartmentalization of a given area into zones according to its most relevant attributes and dynamics. Along these lines, this study aimed to obtain an analytical (geo)environmental zoning chart of Monjolinho river basin (São Carlos, SP, Brazil) at 1:50,000 scale with the purpose of assisting planners and administrators in managing urban occupation, thereby minimizing impacts to the environment. Monjolinho river basin encompasses an area of 275km², most of which located in the municipality of São Carlos (a smaller part of which located in the neighboring municipality of Ibaté). The 1:50,000-scale cartographic documents generated – including maps and charts representing different components of the physical environment that assisted in the analytical (geo)environmental zoning of the watershed in question – were: registration map, declivity chart, map of land use and coverage, map of surface geological formations, map of unconsolidated materials, map of aquifer units, and map of primary compartmentalization units. The resulting product of this study was an analytical (geo)environmental zoning chart of Monjolinho river basin, centered on the process of urban occupation. This cartographic document compartmentalizes this basin into the following classes of appropriateness to urban occupation: suitable areas, unfavorable areas, and unsuitable areas.

Keywords: Watershed; Analytical (Geo)environmental Zoning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Ilustração esquemática de uma bacia hidrográfica com diferentes formas de uso do solo - agricultura, atividades urbanas e industriais.....	18
FIGURA 2: Divisão do Estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs).....	19
FIGURA 3: Impactos em uma bacia hidrográfica decorrentes de atividades humanas diversificadas.....	22
FIGURA 4: Estrutura básica e hierarquizada dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).....	29
FIGURA 5: Ilustração esquemática do macrozoneamento do município de São Carlos (SP) - em cinza escuro encontra-se representada a Macrozona Urbana e em cinza claro a Macrozona de Uso Multifuncional Rural.....	36
FIGURA 6: Ilustração esquemática da abordagem metodológica analítica - elaboração e sobreposição de mapas temáticos para a geração da carta final de zoneamento ambiental.....	40
FIGURA 7: Localização da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho no município de São Carlos, no Estado de São Paulo e no Brasil.....	44
FIGURA 8: Mapa da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, que corresponde à área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI 13), da qual a sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho faz parte.....	47
FIGURA 9: Imagem Landsat da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.....	48
FIGURA 10: Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos nas proximidades de uma das nascentes do rio do Monjolinho. Na figura pode-se verificar que o terreno apresenta inclinação que favorece o carreamento dos resíduos para a nascente.....	50
FIGURA 11: Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos e de resíduos de construção e demolição em uma das margens do rio do Monjolinho, dentro do perímetro urbano de São Carlos, especificamente na Rua Bernardino Fernandes Nunes.....	50
FIGURA 12: Ausência de vegetação ciliar em uma das margens do rio do Monjolinho, favorecendo a incidência de erosão e o assoreamento do leito do rio.....	50
FIGURA 13: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Tijuco Preto, na qual verifica-se construção de canal sob o leito dos mesmos para aumentar a velocidade de escoamento das águas.....	51
FIGURA 14: Construção de canal sob o leito do rio do Monjolinho na região da Avenida Francisco Pereira Lopes - perímetro urbano de São Carlos (SP).....	51
FIGURA 15: Marginal construída em fundo de vale, ausência de vegetação ciliar e iniciativa de contenção de margem (estabilização de talude lateral) no rio do Monjolinho, utilizando-se resíduos de construção e demolição.....	51

FIGURA 16: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Gregório. Na figura pode-se verificar construção de canal sob o leito do córrego do Gregório, iniciativas de contenção de margens e pontos de assoreamento.....	52
FIGURA 17: Barragem da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) instalada no rio do Monjolinho, na região em que o mesmo deixa o perímetro urbano de São Carlos (SP).....	52
FIGURA 18: Reator anaeróbico de fluxo ascendente de manta de lodo - princípio básico de funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos de São Carlos (ETE Monjolinho).....	52
FIGURA 19: Área de solo exposto decorrente de atividade minerária (extração de areia) na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho - proximidades da SP 215 (Rodovia Dr. Paulo Lauro).....	53
FIGURA 20: Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos (SP) - APREM/SC. Em amarelo encontra-se representada parte da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente a montante da estação de captação de água do Espriado, e em verde a bacia hidrográfica do ribeirão Feijão, que correspondem aos dois mananciais superficiais que abastecem o município de São Carlos (SP).....	54
FIGURA 21: Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, na escala de 1:10.000.....	55
FIGURA 22: Distribuição das unidades geológicas da área de estudo.....	61
FIGURA 23: Mapa Pedológico Semidetalhado da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho (São Carlos, SP).....	73
FIGURA 24: Procedimento de lavagem do decantador da Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP), visando a remoção de lodo decantado.....	76
FIGURA 25: Despejo de lodo solubilizado proveniente dos procedimentos de lavagem dos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP) nas águas do rio do Monjolinho.....	76
FIGURA 26: Pontos de amostragem analisados por Bere (2011), a montante da área urbana de São Carlos (SP), dentro da área urbana e a jusante.....	83
FIGURA 27: Diagrama ilustrativo do procedimento metodológico analítico utilizado no zoneamento (geo)ambiental da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.....	91
FIGURA 28: Perfis de encostas.....	98
FIGURA 29: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das formas de uso e cobertura do solo de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	106
FIGURA 30: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das formações geológicas de superfície de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	107
FIGURA 31: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada um dos tipos de materiais inconsolidados de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	108

FIGURA 32: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das unidades aquíferas de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	109
FIGURA 33: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das unidades homogêneas (UBCs) pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	116
FIGURA 34: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das classes de aptidão ao processo de ocupação urbana que podem ser verificadas ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.....	117
FIGURA 35: Principais aspectos norteadores da gestão ambiental de bacias hidrográficas, voltados para a sustentabilidade dos recursos naturais e para a qualidade de vida das populações residentes nas bacias.....	126

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Valores médios obtidos para os parâmetros relacionados à qualidade da água em dez pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos, SP).....	83
--	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Componentes geotécnicos selecionados e respectivas classes.....	100
QUADRO 2: Perfis de encostas e respectivas classes de alterabilidade.....	101
QUADRO 3: Classes de declividades e respectivas recomendações de usos, restrições e problemas esperados.....	101
QUADRO 4: Perfis de encostas e respectivas classes de espessura do manto de alteração.....	102
QUADRO 5: Classes de permeabilidade e respectivos coeficientes de permeabilidade dos materiais inconsolidados.....	102
QUADRO 6: Perfis de encostas e respectivas classes de tipos materiais do manto de alteração.....	103
QUADRO 7: Componentes geotécnicos utilizados na caracterização das unidades homogêneas (UBCs) e classes de aptidão ao processo de ocupação urbana.....	103
QUADRO 8: Síntese dos compartimentos (UBCs) obtidos para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.....	110

APÊNDICES

APÊNDICE 01: Ilustrações da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho

APÊNDICE 02: Mapa Cadastral

APÊNDICE 03: Carta de Declividades

APÊNDICE 04: Mapa de Uso e Cobertura do Solo

APÊNDICE 05: Mapa de Formações Geológicas de Superfície

APÊNDICE 06: Mapa de Materiais Inconsolidados

APÊNDICE 07: Mapa de Unidades Aquíferas

APÊNDICE 08: Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs)

APÊNDICE 09: Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico

ANEXOS

ANEXO 01: Poema intitulado “Monjolinho” (autoria de Benjamim Mattiazzi).

ANEXO 02: Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais inconsolidados realizados por Muro (2000) para o município de São Carlos (SP), incluindo dados amostrados e descritos por Zuquette (1981) para a região de São Carlos (SP) e dados amostrados e descritos por Nishiyama (1991) para a quadrícula de São Carlos (SP).

ANEXO 03: Poços profundos perfurados na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos, SP) para a exploração de água subterrânea.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. JUSTIFICATIVA.....	16
3. OBJETIVO.....	17
4. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL.....	18
4.1 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.....	18
4.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).....	27
4.3 Zoneamento.....	32
4.4 Zoneamento ambiental.....	37
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO.....	43
5.1 Características gerais.....	43
5.2 Características das principais sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.....	57
5.3 Clima.....	59
5.4 Relevo.....	60
5.5 Geologia.....	60
5.6 Unidades aquíferas.....	64
5.7 Materiais inconsolidados.....	68
5.8 Pedologia.....	71
5.9 Vegetação.....	74
5.10 Limnologia e qualidade da água.....	75
5.11 Impactos ambientais.....	86
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	89
6.1 Aplicação da abordagem analítica para a elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.....	89
6.1.1 Procedimento metodológico analítico.....	89
6.1.2 Mapa Cadastral.....	92
6.1.3 Carta de Declividades.....	93
6.1.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo.....	93
6.1.5 Mapa de Formações Geológicas de Superfície.....	94
6.1.6 Mapa de Materiais Inconsolidados.....	95
6.1.7 Mapa de Unidades Aquíferas.....	95
6.1.8 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs).....	96
6.1.9 Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico.....	99

7. RESULTADOS.....	105
7.1 Mapa Cadastral.....	105
7.2 Carta de Declividades.....	105
7.3 Mapa de Uso e Cobertura do Solo.....	105
7.4 Mapa de Formações Geológicas de Superfície.....	106
7.5 Mapa de Materiais Inconsolidados.....	107
7.6 Mapa de Unidades Aquíferas.....	108
7.7 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs).....	109
7.8 Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico.....	116
8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	117
9. PROPOSTAS DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO.....	123
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

1. INTRODUÇÃO

Atualmente verifica-se uma tendência de os planejadores adotarem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, preconizada pela Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, adota a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

De maneira geral, pode-se conceituar a bacia hidrográfica como sendo uma unidade física e biogeofisiográfica com fronteiras delimitadas, que pode estender-se por várias escalas espaciais, ou seja, desde pequenas bacias (de 10, 20, 200 km², etc.) até grandes bacias hidrográficas como, por exemplo, a bacia do rio da Prata (3.000.000 km²) (IIEGA, 2009).

No Brasil, as principais bacias hidrográficas estão representadas por 12 regiões hidrográficas, sendo que as mais importantes, do ponto de vista de recursos hídricos, são: Bacia do Amazonas, Bacia do Paraná e Bacia do rio São Francisco.

Como tendência geral, as águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas pertencentes às regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil apresentam baixo índice de qualidade e alto índice eutrófico como resultado das atividades humanas, da concentração de águas residuárias e de outras substâncias e elementos tóxicos (TUNDISI & SCHEUENSTUHL, 2012).

Ainda no que diz respeito aos recursos hídricos, nas bacias hidrográficas brasileiras é possível verificar, segundo Tundisi & Scheuenstuhl (2012), grande diversificação dos usos dos mananciais superficiais e subterrâneos, tais como: agricultura (irrigação), mineração, geração de energia elétrica (hidroeletricidade), aquicultura (ex.: carcinicultura, piscicultura, etc.), dessedentação de animais, usos industriais, usos domésticos, recreação, navegação, etc. Esta diversificação dos usos das águas também trouxe como consequência uma multiplicidade de impactos sobre os mananciais, exigindo avaliações quali e quantitativas e monitoramento adequado e de longo prazo.

Um instrumento que, nos últimos anos, tem sido utilizado para subsidiar o planejamento ambiental de bacias e microbacias hidrográficas é o zoneamento ambiental.

O zoneamento ambiental aparece na Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, como instrumento do

planejamento ambiental e pode ser definido como sendo a divisão de uma área geográfica em compartimentos (zonas), nos quais determinadas atividades de uso e ocupação do solo são permitidas ou não, de tal forma que as alterações dos recursos naturais decorrentes de necessidades antrópicas se harmonizem com a conservação do meio ambiente.

Isso significa que o zoneamento busca definir as atividades socioeconômicas que poderão ser desenvolvidas em cada compartimento (zona) e, dessa forma, orientar a forma de uso do solo, eliminando conflitos entre tipos incompatíveis de atividades e reduzindo a incidência de impactos negativos sobre o meio ambiente, incluindo o meio físico e os mananciais superficiais e subterrâneos.

A elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho poderá facilitar a atuação de planejadores e gestores municipais, no que diz respeito à ocupação urbana e à disposição das diferentes atividades socioeconômicas sobre o meio físico, de tal forma a minimizar a ocorrência de problemas ambientais decorrentes de desordenado processo de uso e ocupação do solo na bacia.

A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho abrange uma área de aproximadamente 275 km², com a maior parte de sua área contida no município de São Carlos e uma pequena parcela correspondendo ao município de Ibaté, no Estado de São Paulo. Esta bacia tem como principal característica o desenvolvimento urbano do município de São Carlos e os impactos decorrentes dessas atividades – remoção das matas ciliares, ocupação e destruição das áreas de várzea, incidência de processos erosivos nas margens dos cursos d'água, assoreamento do leito dos cursos d'água, despejo clandestino de esgotos sanitários e de efluentes industriais não tratados, degradação da qualidade da água de mananciais, etc.

2. JUSTIFICATIVA

Problemas ambientais diversificados, como, por exemplo, processos erosivos, desestabilização de taludes, assoreamentos e movimentos gravitacionais de massa, verificados no contexto de bacias hidrográficas são, na maior parte das vezes, decorrentes de desordenado processo de uso e ocupação do solo, que não leva em consideração as características, as potencialidades, as susceptibilidades e as fragilidades do meio físico e trazem a tona riscos ambientais, econômicos e sociais.

A incidência de processos erosivos (ex.: sulcos, ravinas e voçorocas), principalmente em áreas com declividade acentuada e com determinados tipos de solo, como, por exemplo, solos arenosos, que apresentam alta erodibilidade, é um exemplo de problema ambiental relacionado ao meio físico e que ocorre em decorrência da inexistência, na maioria dos municípios brasileiros, de planejamento da disposição das atividades socioeconômicas e de desordenado processo de uso e ocupação do solo, com remoção da vegetação nativa, exposição do solo, remobilização e exposição de materiais inconsolidados.

Outro exemplo de problema ambiental decorrente de desordenado e acelerado processo de uso e ocupação do solo é a alteração da qualidade da água de mananciais, em função da remoção da vegetação ciliar, das áreas alagadas e dos mosaicos de vegetação, do despejo clandestino de esgotos sanitários e de efluentes industriais não tratados provenientes de habitações e atividades industriais irregularmente situadas ao longo das Áreas de Preservação Permanente (APPs) desses mananciais e também da lixiviação de fertilizantes e pesticidas originários de atividades agrícolas diversificadas.

Nesse contexto, a elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, com foco no processo de ocupação urbana, poderá facilitar a atuação dos planejadores e gestores municipais no que diz respeito aos processos de produção do espaço, com destaque para a disposição das diferentes atividades socioeconômicas no meio físico, de tal forma a minimizar a incidência e progressão desses problemas ambientais e, conseqüentemente, dos riscos ambientais, geotécnicos, econômicos e sociais associados.

Convém ressaltar que a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho tem como característica o desenvolvimento urbano do município de São Carlos (SP) e os impactos decorrentes dessas atividades e que as águas das nascentes do rio do Monjolinho, principal córrego da bacia em questão, fazem parte do abastecimento do município de São Carlos, juntamente com as águas do ribeirão do Feijão e do aquífero Guarani.

3. OBJETIVO

Elaboração da Carta de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos, SP), voltada para a aptidão ao processo de ocupação urbana, na escala de 1:50.000.

Esse documento cartográfico poderá ser utilizado, em consonância com os planos diretores de São Carlos (SP) e de Ibaté (SP), para balizar o processo de ocupação

urbana na bacia e também para dar suporte à elaboração de políticas públicas e à gestão dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) da bacia.

4. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

4.1 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão

Atualmente verifica-se uma tendência de se considerar a bacia hidrográfica (Figura 1) como unidade de planejamento e gestão que é fruto da evolução do conceito e também dos usos da bacia, inicialmente considerada somente como unidade de pesquisa (LIKENS, 2001).

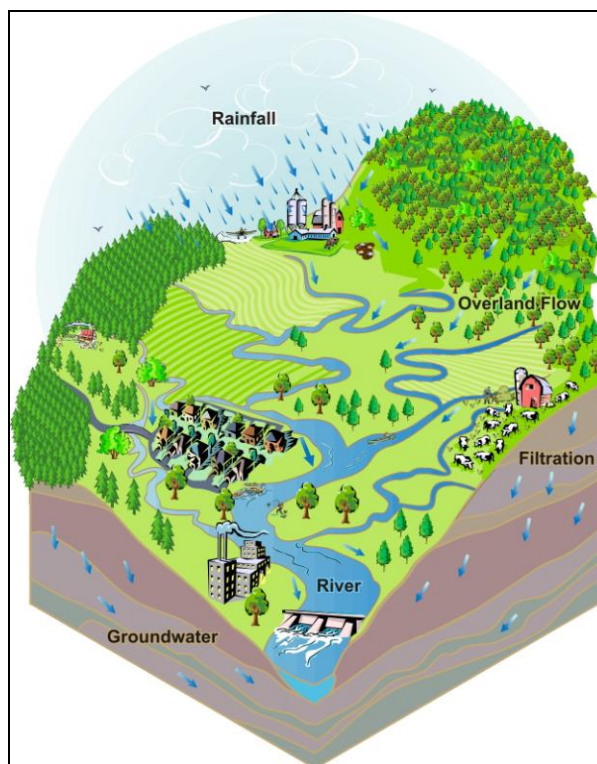


FIGURA 1: Ilustração esquemática de uma bacia hidrográfica com diferentes formas de uso do solo – atividades urbanas, rurais e industriais. Fonte: <<http://beavercountyconservationdistrict.org/>>.

A Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, adota a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Recursos Hídricos dispõe de instrumentos que, cada vez mais, vêm sendo aplicados no contexto das bacias hidrográficas. São eles: Planos de

Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes das águas; outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; cobrança pelo uso de recursos hídricos; compensação a municípios; Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Merece destaque os Planos de Recursos Hídricos, que são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual N° 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, divide o Estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) (Figura 2) e promove essa divisão considerando as principais bacias hidrográficas do Estado (São Paulo, 1994). Para cada uma dessas unidades de gerenciamento há um Comitê de Bacia Hidrográfica associado, o qual corresponde a um órgão colegiado onde são debatidas questões referentes à gestão das águas.

Lopes, Silva & Teixeira (2011) afirmaram que os comitês de bacia, como órgãos colegiados, desenvolveram-se ao longo da década de 1990, sendo o Estado de São Paulo um dos principais protagonistas na criação do sistema integrado e na implantação de instrumentos de gestão de recursos hídricos (ex.: enquadramento dos corpos d'água em classes, outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos, etc.).

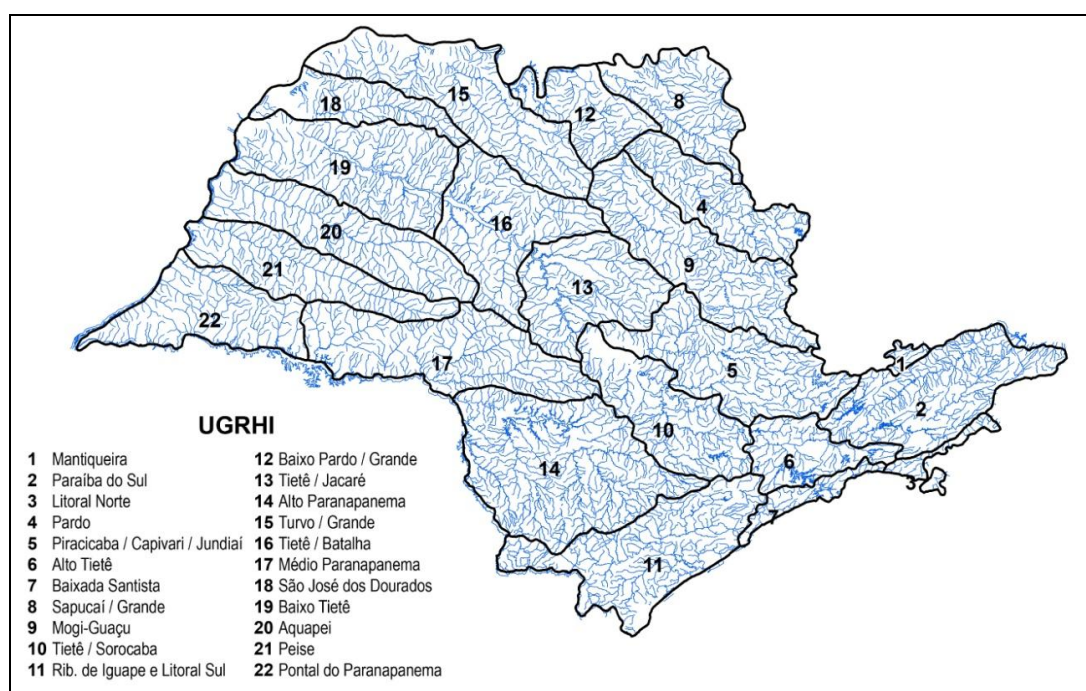


FIGURA 2: Divisão do Estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). Fonte: DAEE & IGC (2003) modificado por Ricardo M. Degani (2012).

De maneira geral, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica representa uma unidade física e biogeofisiográfica com fronteiras delimitadas (divisores de águas) que pode estender-se por várias escalas espaciais – desde pequenas bacias de 10, 20, 200 km² até grandes bacias, como, por exemplo, a bacia do Rio da Prata (3.000.000 km²) (IIEGA, 2009) e, segundo Tucci & Mendes (2006), as características básicas dessa unidade são: área de drenagem, comprimento do rio principal, declividade do rio e declividade da bacia.

A bacia hidrográfica também pode ser conceituada como sendo a área fisiográfica drenada por um curso d'água ou um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito d'água (VILELLA & MATTOS, 1980).

Santos (2004) afirmou que uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Segundo a autora, o conceito de bacia hidrográfica encontra-se associado à noção de sistema, nascentes (olhos d'água), divisores de águas, cursos d'água hierarquizados e foz. Ainda segundo Santos (2004), a ocorrência de determinados eventos em uma bacia hidrográfica, de origem natural ou antrópica, é capaz de interferir na dinâmica desse sistema e na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Rocha, Pires & Santos (2000), por sua vez, afirmaram que a bacia hidrográfica representa um sistema biofísico e socioeconômico, integrado, interdependente e que contempla múltiplos aspectos: atividades agrícolas, atividades industriais, urbanização, comunicações, serviços, serviços ecossistêmicos, facilidades recreacionais, formações vegetacionais, nascentes, córregos, riachos, lagoas, represas, habitats e unidades da paisagem.

As bacias hidrográficas, em todos os continentes, estão submetidas a um grande número de impactos ambientais diversificados (Figura 3). Estes impactos ambientais decorrem de inúmeros fatores, tais como:

- Remoção de florestas ripárias, de mosaicos de vegetação e de áreas alagadas, as quais possuem papel fundamental na regulação dos ciclos biogeoquímicos e hidrológico, na manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas visando o abastecimento público e na recarga de aquíferos (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010);

- Remoção de áreas verdes urbanas, que além de favorecerem a infiltração do excesso de água de precipitação no subsolo, minimizam os efeitos negativos das ilhas de calor nos grandes centros urbanos;
- Ocupação ilegal de áreas de mananciais, principalmente por população de baixa renda, devido à falta de fiscalização e inexistência de planejamento do uso e ocupação do solo por parte dos municípios;
- Intensa ocupação de áreas de várzea (leitos naturais de inundação) de córregos urbanos na maioria das cidades brasileiras, principalmente com a construção de avenidas marginais;
- Despejo clandestino de esgotos sanitários ricos em matéria orgânica em ecossistemas aquáticos continentais – rios, lagos, represas e reservatórios, favorecendo a decomposição aeróbica dessa matéria orgânica e a consequente diminuição nos níveis de oxigênio dissolvido das águas desses ecossistemas aquáticos;
- Lançamento de efluentes líquidos industriais não tratados, que podem conter metais pesados (ex.: cádmio, chumbo, mercúrio, cobre, cromo, etc.), em pequenos córregos ou diretamente em rios e lagos, favorecendo processos de contaminação da biota aquática, de sedimentos e de populações ribeirinhas;
- Aumento na concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos continentais lênticos, desencadeando a eutrofização artificial desses ecossistemas e desequilíbrios ecológicos significativos (ex.: mudanças nas comunidades aquáticas, florescimentos de cianofíceas, crescimento excessivo de macrófitas aquáticas, mortandade em massa de peixes e invertebrados, etc.);
- Incidência de processos erosivos (sulcos, ravinas e voçorocas) em encostas com declividade acentuada e com determinados tipos de solo, como, por exemplo, solos arenosos, que apresentam alta erodibilidade, favorecendo alterações na paisagem e o carreamento de sedimentos e materiais particulados para corpos d'água situados nas proximidades;
- Assoreamento de corpos d'água e de canais de drenagem, que reduz a capacidade de os mesmos suportarem acréscimos de vazão, acentuando quadros de inundações urbanas;
- Exploração de bens minerais diversificados, que gera grandes áreas degradadas;

- Desenvolvimento de determinadas culturas agrícolas em áreas de recarga de aquíferos, que origina processos de contaminação por defensivos agrícolas em mananciais subterrâneos;
- Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos e de resíduos de construção e demolição em terrenos baldios e em Áreas de Preservação Permanente (APP);
- Produção hidroelétrica e construção de represas (barragens) que modificam os fluxos dos rios e sua biodiversidade (TUNDISI & SCHEUENSTUHL, 2012);
- Emissões de gases de efeito estufa (ex.: dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio, etc.) a partir de águas eutróficas (TUNDISI & SCHEUENSTUHL, 2012); etc.

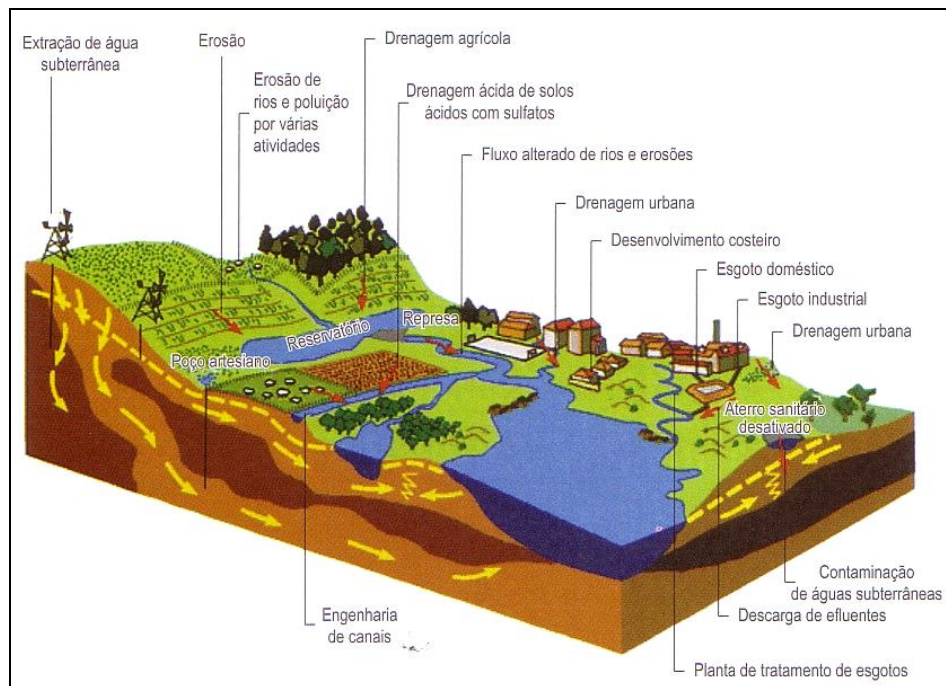


FIGURA 3: Impactos em uma bacia hidrográfica decorrentes de atividades humanas diversificadas.
Fonte: Tucci & Mendes (2006) *apud* IIEGA (2009).

Ainda no tocante aos impactos ambientais, alguns estudos mostraram que o processo de ocupação urbana configura-se como potencial gerador de impactos nas bacias hidrográficas, principalmente em função das mudanças nas formas de uso e ocupação do solo que podem ser detectadas nessas unidades no decorrer dos anos. Neste sentido, Tang *et al.* (2005) desenvolveram um estudo na bacia hidrográfica do rio Muskegon, localizada na costa oriental do lago Michigan, que demonstrou que a ocupação urbana é uma importante força motriz capaz de alterar a hidrologia local e

regional, com destaque para o volume de água que é escoado superficialmente, e de aumentar as fontes difusas de poluição (descarga urbana e agrícola).

Outros problemas que, segundo Tucci (2010), também são verificados com frequência nas bacias hidrográficas brasileiras e que estão diretamente relacionados com a infraestrutura e urbanização das cidades são:

- Grande número de pessoas ocupando pequeno espaço, com inadequados transportes públicos, água e saneamento, poluição do ar e inundações urbanas;
- Aumento dos limites das cidades de maneira descontrolada, em função da migração da população rural em busca de emprego e melhores condições de vida;
- Planejamento urbano sendo realizado somente para a parcela da população com renda média;
- Favelas se desenvolvendo em áreas periféricas das cidades (áreas ambientalmente frágeis) e de maneira informal, pela invasão de áreas públicas por população de baixa renda ou mesmo organizada por especuladores;
- Limitada capacidade institucional das cidades, no que diz respeito à legislação, à aplicação da lei e ao suporte técnico-econômico;
- Inexistência de gestão integrada das águas urbanas, a qual é realizada de maneira fragmentada, resultando em serviços de baixa qualidade.

Diante do exposto, constata-se facilmente que as bacias hidrográficas estão submetidas a uma grande variedade de impactos socioambientais decorrentes de atividades humanas diversificadas. Todos estes impactos possuem reflexos diretos sobre os recursos hídricos superficiais (rios, lagos, represas e reservatórios) e subterrâneos, comprometendo os usos múltiplos das águas e, neste aspecto, o Brasil deve ser destacado, pelo fato de ser detentor de 12% de toda a água doce disponível no planeta Terra, que se distribui de maneira desigual ao longo do território nacional (TUNDISI & SCHEUENSTUHL, 2012).

A estratégia de cientistas, gestores e planejadores, ao trabalharem com a bacia hidrográfica, consiste em analisar as propriedades, a distribuição e a circulação da água, para interpretar potencialidades e restrições de uso, sendo que o método usual consiste, inicialmente, em mapear a hidrografia, com todas as drenagens que fazem parte da rede hídrica e também as curvas de nível. Cartas topográficas de órgãos oficiais ou mesmo

imagens obtidas de sensores remotos têm sido utilizadas como fonte de informação para a construção dessa rede.

Outro aspecto que faz com que o conceito de bacia hidrográfica seja abordado com maior ênfase nas atividades de planejamento e gestão refere-se ao fato de que essa unidade denota o conceito de integração ambiental, sendo que seu uso e aplicação para estudos que tratem de problemas ambientais são considerados de grande relevância, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e socioeconômicas inter-relacionadas (MORAES, 2003).

Além disso, Tundisi & Matsumura-Tundisi (2011) afirmaram que a bacia hidrográfica apresenta características essenciais que a tornam uma unidade muito bem caracterizada, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudos e atividades ambientais e também a aplicação adequada de tecnologias avançadas (ex.: monitoramento em tempo real, ecotecnologias, etc.). De acordo com estes autores, os trabalhos desenvolvidos por Likens (1984, 1985, 1989, 1992) e Likens, Bormann & Johnson (1972) em Hubbard Brook, uma pequena bacia hidrográfica localizada na região central norte do Estado de New Hampshire, Estados Unidos, têm sido apontados como exemplo de estudo integrado de bacia hidrográfica, além de funcionar como instrumento para gerenciamento de recursos, decisões políticas e ética ambiental.

Outras características que conferem grande importância à bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, planejamento e gestão são:

- A bacia hidrográfica corresponde a um sistema hidrologicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos;
- Possibilita um processo descentralizado de gestão;
- Oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e também para a resolução de conflitos;
- Estimula a participação da população que vive e depende da bacia hidrográfica e a educação ambiental e sanitária;
- Permite que a população local participe ativamente do processo de decisão;
- Possibilita visão sistêmica fundamental para o treinamento em gerenciamento de recursos hídricos, controle de impactos e proteção de mananciais;

- Trata-se de uma unidade biogeofisiográfica ideal para se estabelecer um banco de dados integrando informações sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais;
- Possibilita a integração de cientistas, gerentes, tomadores de decisão e planejadores com a população em geral, permitindo que todos trabalhem em unidade física com limites definidos (IIEGA, 2009).

Uma vez que a adoção da bacia hidrográfica corresponde a um processo descentralizado de gestão, a elaboração de indicadores de qualidade para cada bacia hidrográfica é uma metodologia que pode auxiliar as atividades de gestão.

De acordo com IIEGA (2009), os principais indicadores de qualidade da bacia hidrográfica que podem ser utilizados são:

- Qualidade da água de rios, riachos, lagos, lagoas e represas;
- Diversidade de espécies terrestres e aquáticas na bacia hidrográfica;
- Taxa de preservação ou de perda de áreas alagadas;
- Taxa de preservação ou de perda de florestas nativas;
- Taxa de contaminação de sedimentos de rios, lagos, lagoas e represas;
- Taxa de preservação ou contaminação das fontes de abastecimento de água, incluindo nascentes;
- Taxa de urbanização (% de área da bacia hidrográfica);
- Relação população urbana/população rural.

Em conjunto com os indicadores de qualidade, a gestão de bacias hidrográficas também deve considerar os indicadores de vulnerabilidade:

- Carga de poluentes tóxicos;
- Carga de poluentes orgânicos e inorgânicos na bacia;
- Descarga urbana (poluentes domésticos e industriais);
- Descarga agrícola (fertilizantes, pesticidas e herbicidas);
- Alterações nos tamanhos das populações residentes na bacia;
- Efeitos gerais decorrentes das atividades humanas;
- Potencial de eutrofização da bacia;
- Potencial para enchentes e inundações e frequência de inundações (TUNDISI, 2005).

Quando se está trabalhando com a gestão e recuperação de bacias hidrográficas antropizadas, há um conjunto de técnicas e metodologias que podem ser adotadas, com

o intuito de recuperar as condições naturais dessas unidades. Segundo Tundisi (2005), as principais técnicas disponíveis são:

- Reflorestamento da bacia hidrográfica, principalmente de florestas ripárias, com a utilização de espécies nativas;
- Recuperação das condições naturais dos rios da bacia hidrográfica;
- Conservação e recuperação de áreas de várzea, que são importantes sistemas de reciclagem biogeoquímica e de controle de volumes e enchentes;
- Manutenção e expansão de fragmentos florestais na bacia hidrográfica;
- Introdução de corredores de florestas de espécies nativas, possibilitando fluxo gênico;
- Racionalização da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas na bacia hidrográfica, com o intuito de diminuir fontes não pontuais e controlar eutrofização e toxicidade;
- Controle dos processos erosivos para reduzir o assoreamento dos córregos e dos canais de drenagem;
- Controle das fontes pontuais e não pontuais de poluição e contaminação;
- Tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais;
- Monitoramento permanente para avaliação de potenciais impactos;
- Proteção das áreas de alta biodiversidade na bacia hidrográfica;
- Planejamento sistemático do uso e ocupação do solo da bacia – planos diretores municipais e zoneamento ambiental.

Em adição às técnicas e metodologias de recuperação citadas, a elaboração de modelos matemáticos de uso e ocupação do solo para as bacias hidrográficas constitui uma maneira de se prever e avaliar os impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização futuro e de se formular alternativas para a regulação do uso do solo (Conway & Lathrop, 2005), antes que mudanças irreversíveis nos diferentes ecossistemas sejam ocasionadas.

É importante ressaltar que apesar de a adoção da bacia hidrográfica transferir as barreiras políticas tradicionais para uma unidade física de planejamento, gestão e desenvolvimento socioeconômico (Schiavetti & Camargo, 2002), ela não é unanimidade entre os países. Alguns países como, por exemplo, Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Suécia ainda levam em consideração os limites administrativos nas atividades de planejamento e gestão, enquanto que na França, Espanha, Grécia,

Portugal, Reino Unido e Estados Unidos os limites para estas atividades já são definidos por bacias hidrográficas.

No caso específico da França, pode-se afirmar que a mesma detém uma experiência única de gestão descentralizada no âmbito de bacias hidrográficas – Agências de Bacia, servindo como modelo para outros países.

No Brasil, os primeiros programas de planejamento e desenvolvimento socioeconômico regional que consideraram a bacia hidrográfica como unidade de estudo iniciaram-se nas décadas de 1960 e 1970. Especificamente em 1976, os governos estaduais e federal deram início às primeiras tentativas de gestão de bacias hidrográficas no país. Nesse contexto, pode-se citar o Comitê de Acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo, com atuação no Alto Tietê e Baixada Santista, o qual teve como resultado a formulação de ações integradas e a administração de conflitos localizados, envolvendo a operação da Usina Hidrelétrica Henri Borden (Cubatão), a poluição da Represa Billings e o abastecimento hídrico do complexo industrial de Cubatão.

4.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) correspondem a conjuntos de aplicativos computacionais desenvolvidos para tratar informações referentes à superfície da Terra e possuem a capacidade de integrar dados provenientes de diversas fontes em um banco de dados georreferenciado, com a finalidade de executar consultas, análises complexas e automatizar a produção de documentos cartográficos (RHÖM, 2010).

Esses sistemas também têm por finalidade automatizar tarefas que eram realizadas manualmente e facilitar a execução de análises complexas, por meio da integração de dados geocodificados.

Tecnologicamente, um Sistema de Informação de Geográfica (SIG) pode ser considerado uma caixa de ferramentas para coleta, armazenamento, busca, análise, transformação e exposição de dados espaciais. De acordo com Fitz (2008), suas principais funções são: aquisição e edição de dados, gerenciamento de banco de dados, análise geográfica de dados e representação de dados.

A evolução dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) está associada às diferentes fases da evolução do conhecimento e à necessidade de se representar e analisar diferentes componentes do mundo real, com destaque para os componentes e

atributos do meio físico (ex.: formações geológicas de superfície, pedologia, materiais inconsolidados, unidades aquíferas, formas de relevo, etc.).

O progresso mais marcante dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) iniciou-se na década de 1970 e continua até os dias de hoje, em consonância com os rápidos avanços tecnológicos.

Na década de 1970 surgiram as primeiras imagens de sensoriamento remoto orbitais e na década de 1980 e início da década de 1990 a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) difundiu-se e consolidou-se definitivamente, em função, principalmente, da evolução dos equipamentos de informática, das linguagens computacionais e de áreas como, por exemplo, sensoriamento, processamento de imagens e sistemas de gerenciamento de bancos de dados.

As fotografias aéreas e as imagens de satélite, as quais podem ser armazenadas em formato digital, também favoreceram a consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), tornando-se uma ferramenta indispensável na maioria dos estudos ambientais. Exemplos de satélites, cujas imagens captadas são utilizadas para diversas finalidades, com destaque para a produção de documentos cartográficos em diversas escalas, são: Landsat, Spot, Ikonos, Quickbird, CBERS, etc.

Os componentes que são considerados essenciais para a definição de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) são:

- Base de dados espaciais e de atributos (componente central do sistema, composto por uma coleção de mapas – planos de informações – e de informações associadas, ambos no formato digital);
- Sistema de exposição cartográfica (permite a utilização de elementos selecionados da base de dados e produzir mapas na tela do computador e em impressoras e plotadoras);
- Sistema de digitalização de mapas (possibilita a conversão de mapas para o formato digital);
- Sistema de administração da base de dados (permite a adição, o manuseio e a análise dos componentes espaciais e dos atributos dos dados armazenados);
- Sistema de análise geográfica (corresponde à capacidade de análise dos dados a partir de sua localização geográfica);

- Sistema de processamento de imagens (corresponde à capacidade de análise, através de procedimentos matemáticos, de imagens obtidas a partir de sensoriamento remoto – fotografias aéreas e imagens de satélite);
- Sistema de análise estatística (engloba os procedimentos estatísticos tradicionais e algumas rotinas especializadas para a análise de dados espaciais);
- Sistema de apoio à decisão (inclui ferramentas para auxílio à tomada de decisão) (SILVEIRA, 2004).

A estrutura básica e hierarquizada dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (Figura 4) apresenta os seguintes componentes:

- Interface com o usuário (estabelece a interação entre o operador e a máquina, definindo como todo o sistema disponibiliza suas funções operacionais e seus controles);
- Processamentos (constituídos por: entradas, edições e integrações de dados; análises e consultas de dados; saídas de informações);
- Gerenciamento de dados espaciais (armazenamento e recuperação de dados geométricos associados aos seus respectivos dados descritivos) (RHÖM, 2010).

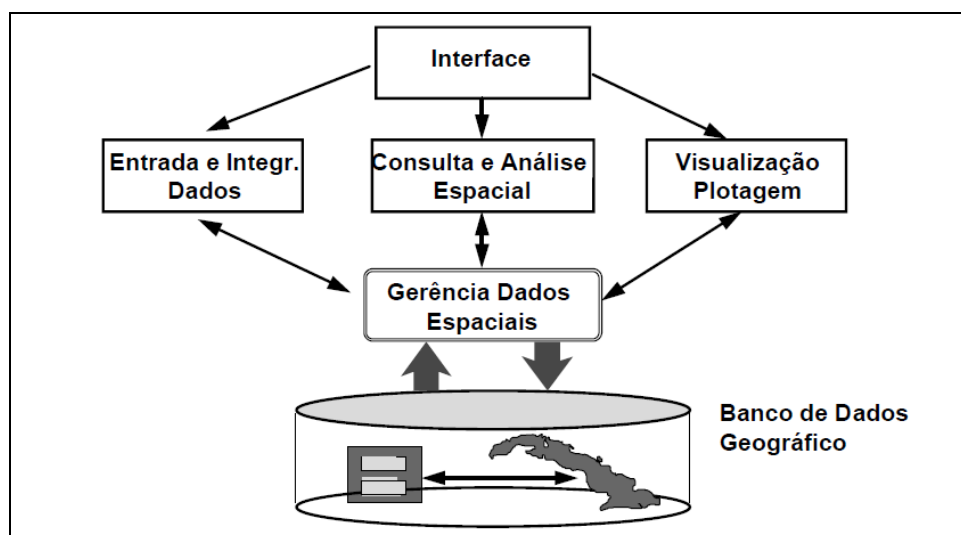


FIGURA 4: Estrutura básica e hierarquizada dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).
Fonte: Assad & Sano (1998) *apud* Santos, Louzada & Eugenio (2010).

De maneira geral, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são utilizados para diversas funções nas diferentes áreas do conhecimento. Câmara & Queiroz (2004) *apud* Rhöm (2010) afirmaram que as formas mais comuns de utilização dos SIGs são:

- Como ferramenta para a produção de documentos cartográficos;

- Como suporte para a análise espacial de fenômenos;
- Como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento, integração e recuperação de informações espaciais.

Nos estudos ambientais, com destaque para os que são desenvolvidos dentro do contexto do planejamento ambiental e do meio físico, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são utilizados na elaboração de documentos cartográficos diversificados e em diferentes escalas, os quais auxiliam gestores e planejadores nos processos de produção do espaço. Como exemplo pode-se citar os seguintes documentos:

- Mapas de uso e cobertura do solo (elaborados a partir de trabalhos de campo e de imagens de satélite atualizadas);
- Mapas e cartas representativos de diferentes componentes do meio físico (ex.: formações geológicas de superfície, materiais inconsolidados, pedologia, declividades, unidades aquíferas, etc.);
- Cartas de fragilidade ambiental e potencial;
- Cartas de susceptibilidade à erosão (laminar e linear);
- Cartas de riscos ambientais (inundações e movimentos gravitacionais de massa);
- Mapas de qualidade da água de bacias e microbacias hidrográficas; etc.

Outros documentos cartográficos que podem ser elaborados utilizando-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a integração de informações geográficas referentes ao meio físico são as cartas de zoneamento, as quais são classificadas como cartas interpretativas e derivadas e são bastante usadas pelo planejamento local e regional. Como exemplo, pode-se citar:

- Cartas de zoneamento (geo)ambiental visando balizar o processo de ocupação urbana de bacias e microbacias hidrográficas;
- Cartas de zoneamento visando a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários;
- Cartas de zoneamento geotécnico para a implantação de tanques sépticos;
- Cartas de zoneamento para a implantação de lagoas de águas residuárias;
- Cartas de zoneamento para a implantação de fossas sépticas;
- Cartas de zoneamento para a disposição final de resíduos líquidos por espalhamento ou irrigação;
- Cartas de zoneamento para fundações;

- Cartas de zoneamento do escoamento superficial;
- Cartas de zoneamento do potencial de irrigação;
- Cartas de zoneamento para a construção de estradas; etc. (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004).

É importante salientar que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) vêm sendo cada vez mais utilizados pela cartografia geotécnica, pelo fato de que esses sistemas possibilitam a produção de mapas e cartas de maneira rápida e eficiente, barateiam o custo de produção, facilitam a utilização e as análises posteriores, permitem a elaboração de documentos cartográficos mais complexos, favorecem a automação da atualização e revisão e permitem a análise quantitativa de dados espaciais (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

Três *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que são amplamente utilizados no contexto do planejamento ambiental, com destaque para a produção de cartas de zoneamento (geo)ambiental são: ArcGis 9.3 (desenvolvido pela empresa ESRI), Idrisi (Sistema de Informação Geográfica e *software* para processamento de imagens desenvolvido pela *Graduate School of Geography* da *Clark University*) e Spring 4.2 (desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – e distribuído gratuitamente).

Por último, além da cartografia geotécnica, é importante ressaltar que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) também vêm sendo aplicados em outras atividades e em outros campos do conhecimento, como, por exemplo:

- Gestão urbana;
- Gestão e manejo de recursos naturais;
- Levantamento de recursos naturais renováveis;
- Gestão de bacias e microbacias hidrográficas, tanto urbanas quanto rurais – manejo da qualidade e quantidade das águas, identificação de fontes pontuais e difusas de poluição e avaliação do estado geral da bacia;
- Atividades de avaliação de impactos ambientais (AIA);
- Modelagem matemática – elaboração de cenários futuros;
- Manejo florestal;
- Preservação da diversidade biológica;

- Agricultura e pecuária – previsão e monitoramento de safras, controle de pragas, auxílio na alocação de solos para plantio e otimização da seleção de áreas para a implantação de projetos de aquicultura;
- Silvicultura e gerenciamento da vida silvestre;
- Planejamento, manejo e zoneamento de unidades de conservação; etc.

4.3 Zoneamento

De acordo com Santos (2004), zoneamento corresponde à compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida a partir da avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas. Cada um dos compartimentos apresenta-se como uma zona delimitada no espaço, que caracteriza-se por estrutura e funcionamento uniforme, alto grau de associação dentro de si, com variáveis ligadas, mas significativa diferença entre elas e os outros compartimentos.

Para cada uma dessas zonas atribui-se um conjunto de normas específicas, voltadas para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas e para a conservação do meio ambiente (Santos, 2004), o que significa que o zoneamento deve definir as atividades que poderão ser desenvolvidas em cada compartimento e, dessa forma, orientar a forma de uso, eliminando conflitos entre tipos incompatíveis de atividades.

Há vários tipos de zoneamento, os quais são utilizados para diferentes finalidades, podendo se destacar o planejamento do processo de ocupação urbana em bacias hidrográficas, a conservação de recursos naturais, o desenvolvimento socioeconômico regional e o desenvolvimento de atividades agrícolas e de sistemas agroecológicos. Alguns exemplos de tipos de zoneamento que podem ser citados e que possuem como resultado comum a delimitação de zonas a partir da homogeneidade determinada por critérios pré-estabelecidos são:

- Zoneamento Ambiental;
- Zoneamento (Geo)ambiental;
- Zoneamento Urbano;
- Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE);
- Zoneamento Agrícola;
- Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos;
- Zoneamento Agropedoclimático;
- Zoneamento Agroecológico;

- Zoneamento Costeiro; etc.

Dentre os tipos de zoneamento citados, merece destaque o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), pelo fato de que o mesmo trata-se de um instrumento de planejamento e ordenamento do território, que busca harmonizar as relações econômicas, sociais e ambientais que nele acontecem (Ministério do Meio Ambiente, 2011) e também subsidiar a formulação de políticas territoriais voltadas para a proteção ambiental, melhoria das condições de vida da população e redução dos riscos de perda de capital natural e de serviços ecossistêmicos.

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) atua dividindo o território em zonas, a partir da análise dos recursos naturais disponíveis, das características socioeconômicas e de marcos jurídicos, onde são definidas potencialidades econômicas, fragilidades ecológicas e tendências de ocupação. O resultado é a elaboração de normas de uso e ocupação do solo e de manejo dos recursos naturais sob uma perspectiva conservacionista e de desenvolvimento econômico e social.

Nesse contexto, pode-se citar o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal, cuja área tornou-se centro de interesses estratégicos, em função da abundância em termos de recursos hídricos, minerais, fundiários, genéticos, energéticos, madeireiros, do ponto de vista da prestação de serviços ambientais e ecossistêmicos e também em função da inadequação das formas de uso e ocupação do território que podem ser verificadas em algumas localidades da Bacia Amazônia.

Além do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), outra modalidade de zoneamento que merece destaque é o agroecológico, o qual se baseia na análise das aptidões agrícolas, das limitações ambientais e dos aspectos inseridos nas legislações pertinentes, tanto para o meio rural como para o meio florestal, no que diz respeito ao desenvolvimento de determinadas culturas agrícolas.

Neste sentido, Pérez-Portilla & Geissert-Kientz (2006) desenvolveram um trabalho na região central do estado de Veracruz, México, que teve como objetivo o zoneamento agroecológico do sistema agroflorestal café (*Coffea arabica*) – palmeira camedórea (*Chamaedorea elegans*).

A proposta de zoneamento apresentada pelos autores baseou-se na seleção e categorização de variáveis ambientais (ex.: temperatura, deficiência hídrica, drenagem superficial, fertilidade do solo, pedregosidade e profundidade) que exercem influência no desenvolvimento do sistema agroflorestal estudado, na construção de modelo

cartográfico, utilizando-se o *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI 3.2, e na síntese cartográfica e validação.

Um dos produtos finais desse trabalho desenvolvido na região central do estado de Veracruz, México, foi a carta de zoneamento agroecológico, na qual encontram-se dispostos os níveis de aptidão apresentados pela área de estudo para o desenvolvimento desse sistema agroflorestal, determinando-se que aproximadamente 85,5% da área apresentam restrições ambientais (PÉREZ-PORTILLA & GEISSERT-KIENTZ, 2006).

No Brasil, o zoneamento agroecológico vem sendo utilizado para a produção sustentável de cana de açúcar, principalmente no que diz respeito à seleção de terras potenciais para a expansão dos cultivos.

Além dos tipos de zoneamento citados e descritos anteriormente, também é possível o zoneamento de uma bacia hidrográfica com base nos potenciais de extração e manejo de biomassa residual florestal que as diferentes porções da bacia apresentam, sendo que a biomassa residual florestal pode ser utilizada como alternativa estratégica de produção de energia renovável.

Esse tipo de zoneamento, focando alternativas de produção energética, merece destaque nos dias atuais, em função da grande demanda de energia verificada nos diferentes países do globo e da dependência em relação aos combustíveis fósseis (ex.: petróleo, carvão mineral, etc.) e às usinas hidrelétricas para a produção de energia.

Nesse contexto, Torres-Álvarez & Peña-Cortés (2011) desenvolveram um trabalho na bacia hidrográfica do lago Ranco, localizada no Chile, que teve como objetivo o zoneamento de áreas potenciais de extração e manejo de biomassa residual florestal como alternativa de produção energética em áreas rurais, mediante a aplicação e integração de ferramentas tecnológicas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o sensoriamento remoto.

A bacia hidrográfica do lago Ranco caracteriza-se por apresentar extensa superfície florestal capaz de fornecer suficiente biomassa residual florestal (ex.: restos de folhas, ramos, lascas de madeira, etc.) como alternativa de produção energética em áreas rurais.

Para o desenvolvimento do trabalho, os autores utilizaram cartas topográficas na escala de 1:50.000 e imagem de satélite atualizada da bacia.

Baseando-se nas informações contidas nos documentos cartográficos e na imagem de satélite, foi necessária, inicialmente, a atualização da superfície florestal

existente na bacia, por intermédio de *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

É importante ressaltar que esse zoneamento do potencial energético foi realizado atendendo-se a cinco critérios de restrição de manejo de biomassa residual florestal: a) superfícies com declividades maiores que 60%; b) faixa de 30 metros em relação aos cursos d'água; c) presença de áreas nativas protegidas pelo Estado; d) barreira de 100 metros em relação a áreas de riscos naturais – deslizamentos de terras – definidas no plano de ordenamento territorial da bacia; e) estado de desenvolvimento da floresta (TORRES-ÁLVAREZ & PEÑA-CORTÉS, 2011).

Dando sequencia ao trabalho, em laboratório, foi efetuada uma estimativa da energia disponível na biomassa residual florestal, com base em seu poder calorífico e considerando-se quatro unidades de vegetação presentes na bacia: coigüe-raulí-tepa, roble-raulí-coigüe, perenes e plantações florestais (mescla de *Pinnus* e *Eucalyptus*). Os valores de energia obtidos foram, então, extrapolados para uma unidade espacial mínima – um hectare (ha).

Posteriormente, com o auxílio de *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG), os autores realizaram a multiplicação do coeficiente de energia obtido pela superfície ótima de manejo definida em cada unidade de vegetação, conseguindo-se associar a cada uma delas o potencial energético de sua própria biomassa residual florestal – kWh/ha.

Como resultado do trabalho e após a aplicação dos cinco critérios de restrição definidos previamente, obteve-se uma superfície potencial de manejo de biomassa residual florestal de 45.555 hectares para uso energético, o que equivale a 32,8% do total referente à superfície florestal nas unidades de vegetação (TORRES-ÁLVAREZ & PEÑA-CORTÉS, 2011).

O documento cartográfico final gerado – carta de zoneamento – dividiu a área da bacia hidrográfica do Lago Ranco em três zonas com características distintas: (1) superfície ótima de extração de resíduos florestais; (2) superfície não apta para a extração de resíduos florestais; (3) lagos e lagunas.

Considerando-se as unidades de vegetação presentes na bacia, o tipo florestal coigüe-raulí-tepa com 28.459 hectares representou 63% da superfície disponível para manejo energético, enquanto que o roble-raulí-coigüe e o tipo florestal perene com 7.516 hectares e 9.073 hectares representaram 17 e 19% respectivamente. As plantações

florestais, por sua vez, destacaram-se pela baixa participação com 507 hectares, que equivale a 1 % de área de manejo (TORRES-ÁLVAREZ & PEÑA-CORTÉS, 2011).

O macrozoneamento de municípios, tais como o macrozoneamento do município de São Carlos (SP), é outro tipo de zoneamento que também deve ser destacado.

No caso de São Carlos (SP), o macrozoneamento realizado dividiu o território do município levando-se em consideração os seguintes aspectos: infraestrutura instalada; características de uso e ocupação do solo; características do meio ambiente natural e construído; implementação de ações de planejamento.

Como resultado do processo de compartimentação, o território do município de São Carlos (SP) encontra-se dividido nas macrozonas Urbana e de Uso Multifuncional Rural (Figura 5).

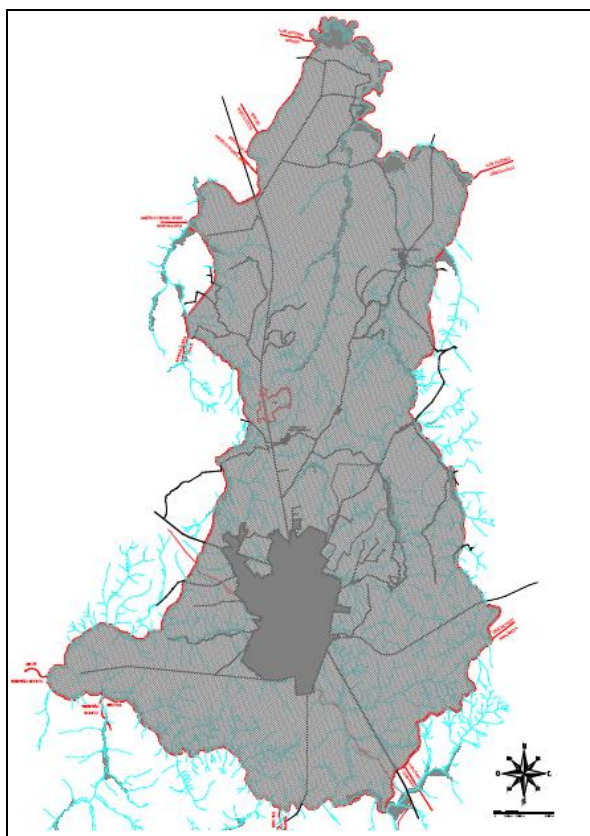


FIGURA 5: Ilustração esquemática do macrozoneamento do município do São Carlos (SP) – em cinza escuro encontra-se representada a Macrozona Urbana e em cinza claro a Macrozona de Uso Multifuncional Rural. Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos (2011).

A Macrozona Urbana, que é composta por áreas dotadas de infraestruturas, serviços e equipamento públicos e comunitários, é subdividida em: Zona de Ocupação Induzida (Zona 1), Zona de Ocupação Condicionada (Zona 2) e Zona de Recuperação e

Ocupação Controlada (Zona 3 – 3A e 3B) (Prefeitura Municipal de São Carlos, 2011). Convém ressaltar que a Zona 3A corresponde à região do Bairro Cidade Aracy, a qual caracteriza-se por problemas diversificados: assentamentos problemáticos em encostas, áreas isoladas e solos frágeis, irregularidades urbanísticas e fundiárias, infraestrutura precária, córregos assoreados e concentração de população de baixa renda. A Zona 3B, por sua vez, corresponde a uma área de manancial e apresenta problemas de drenagem.

A Macrozona de Uso Multifuncional Rural, que é composta por áreas de uso agrícola, extrativista ou pecuário, com áreas significativas de vegetação natural e áreas de preservação ambiental (reservas florestais, parques e reservas biológicas), é subdividida em: Zona de Regulação e Ocupação Controlada (Zona 4 – 4A e 4B), Zona de Proteção e Ocupação Restrita (Zona 5 – 5A e 5B), Zona de Produção Agrícola Familiar (Zona 6) e Zona de Uso Predominantemente Agrícola (Zona 7) (Prefeitura Municipal de São Carlos, 2011). Convém ressaltar que a Zona 5 (5A e 5B) corresponde aos dois mananciais de águas superficiais que são utilizados para o abastecimento público de água potável de São Carlos – cabeceiras do rio do Monjolinho e sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão.

Por último, é importante ressaltar que, durante muitos anos, os planejadores trabalharam, dentro das cidades, com o conceito de zoneamento urbano (sec. XIX), o qual especifica tendências, problemas e conflitos das atividades urbanas, e divide a área urbana em zonas de uso e ocupação do solo por classes de características semelhantes: zona residencial (destinada apenas para uso residencial), zona comercial (destinadas apenas para uso comercial), zona industrial (destinada apenas para uso industrial) e zona mista (destinada para uso residencial, comercial e, eventualmente, industrial de baixa incomodidade).

No século XXI, os planejadores passaram a incorporar as variáveis ambientais nas atividades de planejamento de municípios e de bacias hidrográficas e o zoneamento ambiental, como proposta de planejamento racional, técnico, econômico, social e ambiental, apareceu com grande ênfase no cenário mundial.

4.4 Zoneamento ambiental

O conceito de zoneamento ambiental pode ser encontrado em artigos e livros da área de planejamento ambiental e de planejamento do meio físico. Na maioria desses trabalhos é nítido que o zoneamento ambiental, como instrumento de planejamento, pode auxiliar gestores e planejadores municipais e também os próprios planos diretores

(política de desenvolvimento e de expansão urbana) nos processos de produção do espaço – disposição das diferentes atividades socioeconômicas no meio físico, de tal forma a minimizar a incidência de problemas ambientais.

Na Política Nacional do Meio Ambiente – Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981, o zoneamento ambiental é apresentado como importante instrumento do processo de planejamento ambiental, contribuindo para disciplinar o uso do solo, organizar o espaço e solucionar os conflitos de uso (BRASIL, 1981).

O Estatuto da Cidade, cuja redação é dada pela Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001, e que estabelece diretrizes gerais da política urbana, também aborda o zoneamento ambiental. No Artigo 4° do Capítulo II (Dos Instrumentos da Política Urbana) ele aparece como importante instrumento do planejamento municipal, juntamente com o plano diretor (exigência constitucional para municípios com mais de 20.000 habitantes), a gestão orçamentária participativa e a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo (BRASIL, 2001).

Griffith (1995) definiu zoneamento ambiental como sendo a divisão de uma área geográfica em setores, nos quais determinadas atividades de uso e ocupação são permitidas ou não, de modo que as alterações dos recursos naturais decorrentes das necessidades antrópicas se harmonizem, na medida do possível, com a conservação do meio ambiente.

Moraes & Lorandi (2004) afirmaram que o zoneamento ambiental tem como propósito a ordenação espacial do território, com base em suas características bióticas e abióticas, e pode ser aplicado a qualquer sistema ambiental contendo um mosaico de unidades da paisagem relativamente homogêneo, na perspectiva do conhecimento integrado das individualidades e da dinâmica de funcionamento dessas unidades.

Rampazzo *et al.* (2004), baseando-se nos conceitos de ecologia da paisagem, afirmaram que o zoneamento ambiental surge como instrumento técnico do processo de planejamento para contextualizar um sistema ambiental em um conjunto de zonas ou unidades com características distintas. Segundo os autores, este instrumento técnico de planejamento possibilita a espacialização e a correlação entre os elementos estruturais disponíveis, explicitando a interconexão entre as intervenções humanas e o sistema ambiental e propondo alternativas.

Zuquette (1987) *apud* Cançado & Lorandi (2004), tendo como foco o meio físico e seus componentes e atributos, demonstrou que o zoneamento ambiental ou (geo)ambiental baseia-se na análise do ambiente físico e nas condições técnicas e

socioeconômicas regionais. Diante disso, a carta de zoneamento ambiental ou (geo)ambiental deve ser elaborada em função da avaliação global das potencialidades e das limitações do meio físico e baseando-se na análise de documentos cartográficos dos elementos naturais da paisagem. Nas atividades de planejamento e gestão, a carta de zoneamento ambiental ou (geo)ambiental possibilita a avaliação da aptidão do território, no que diz respeito à implantação de atividades socioeconômicas diversificadas – núcleos urbanos, indústrias, aterros sanitários, aterros industriais, cemitérios, etc.

Diegues (1989), por sua vez, afirmou que o zoneamento (geo)ambiental trata-se de um instrumento técnico, constituído pelas técnicas do zoneamento ambiental, que tem como objetivo o planejamento territorial que se enquadra como ramo da Geologia Ambiental. De acordo com o autor, este instrumento técnico de planejamento deve ser elaborado a partir de informações que proporcionem parâmetros e referências para a reavaliação permanente do processo de planejamento. Tem como resultado um plano de ocupação do espaço e de utilização dos recursos naturais que definirá as unidades ambientais em termos de uso intensivo, uso extensivo, preservação e uso múltiplo.

Em síntese, o zoneamento ambiental corresponde à compartimentação do ambiente segundo suas vocações e susceptibilidades, com base em fatores físicos, biológicos e antrópicos dos ecossistemas. Ele surge como instrumento fundamental para a definição de estratégias de ocupação do território, do qual a maioria dos municípios brasileiros ainda não dispõe, dificultando as ações de planejamento.

Um aspecto a ser destacado é o de que, ao se trabalhar com o zoneamento ambiental no planejamento de municípios e de bacias e microbacias hidrográficas, pode-se perceber o caráter preventivo associado a este instrumento, pelo fato de que o mesmo fornece informações que permite a avaliação da situação existente em um território, em termos de restrições e limitações impostas pelos fatores ambientais, no que diz respeito ao desenvolvimento de determinadas atividades.

No processo de zoneamento ambiental, as áreas de maior fragilidade são identificadas e, a partir disso, são tomadas decisões de manejo com base nas áreas consideradas mais relevantes para a conservação e sobre as que necessitam ser recuperadas.

Do ponto de vista metodológico há duas abordagens que podem ser aplicadas na elaboração de propostas de zoneamento ambiental: sintética e analítica.

A abordagem metodológica sintética parte da definição de unidades ambientais homogêneas para o estabelecimento de diretrizes para o uso e ocupação do solo.

A abordagem metodológica analítica (Figura 6) fundamenta-se na elaboração e sobreposição de mapas temáticos (ex.: formações geológicas de superfície, materiais inconsolidados, declividades, cobertura vegetal, etc.) para a obtenção de mapas de diagnóstico (Cendrero, 1989). Esta abordagem metodológica tem sido utilizada tanto nas atividades de planejamento territorial como em estudos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

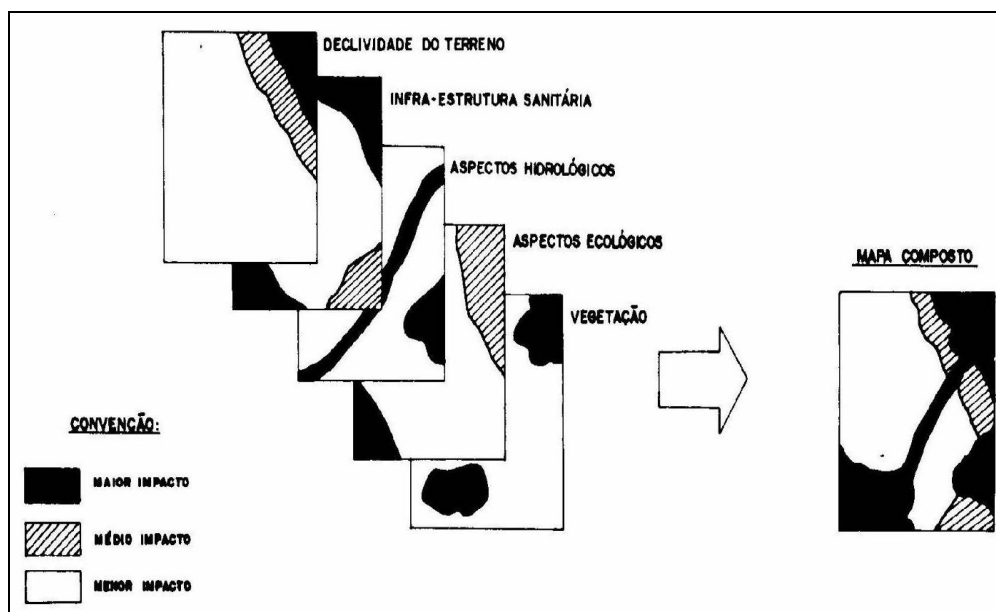


FIGURA 6: Ilustração esquemática da abordagem metodológica analítica – elaboração e sobreposição de mapas temáticos para a geração da carta final de zoneamento ambiental. Fonte: Mota (2003).

Do ponto de vista operacional, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são as ferramentas que têm sido utilizadas na elaboração de propostas de zoneamento ambiental e (geo)ambiental.

Alguns trabalhos que consistiram na elaboração de propostas de zoneamento ambiental a partir de metodologias diferenciadas e que fizeram uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para a integração de informações georreferenciadas provenientes de fontes diversificadas foram: Moschini (2008); Ontivero *et al.* (2008); Inêz (2010); Lorandi, Junqueira & Moraes (2010); Lisboa & Ferreira (2011).

Moschini (2008) desenvolveu um trabalho na bacia hidrográfica do médio rio Mogi-Guaçu superior, cujo objetivo consistiu na elaboração de proposta de zoneamento ambiental, com o intuito de diagnosticar as condições de uso e ocupação do solo diante das ações desenvolvimentistas locais, proporcionando subsídios para o seu manejo e planejamento ambiental, na perspectiva da sustentabilidade ecológica.

Nesse trabalho, a caracterização e análise da estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do médio rio Mogi-Guaçu superior e dos municípios que a integram, bem como a proposta conceitual de zoneamento ambiental, foram elaboradas com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), de modo a organizar uma base de dados digitais georreferenciados que possibilitasse o gerenciamento e a análise dos dados de maneira integrada.

No final do trabalho foram propostas oito zonas – Amortecimento, Cinturão Meândrico, Manejo Florestal, Ripária, Servidão, Vida Silvestre, Uso Intensivo e Uso Urbano – com características distintas, envolvendo as áreas especiais de interesse para conservação, bem como estabelecidas estratégias de manejo e conservação para a planície de inundação do médio rio Mogi-Guaçu superior.

Os resultados obtidos a partir do zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do médio rio Mogi-Guaçu superior evidenciaram a necessidade de um manejo adequado das áreas produtivas, assim como a acuidade do manejo no processo de expansão agrícola e industrial (MOSCHINI, 2008).

Outro trabalho de zoneamento ambiental que pode ser citado é o de Ontivero *et al.* (2008), cujo objetivo consistiu na apresentação de proposta metodológica de zoneamento ambiental para a região de Sierra de Altamira – cadeia de montanhas localizada na Espanha.

Pelo fato de abrigar grande biodiversidade, a região de Sierra de Altamira foi declarada como Zona de Proteção Especial para as Aves (ZEPA) e Zona de Especial Conservação (ZEC) e deverá ser contemplada com um plano de gestão.

A proposta de zoneamento ambiental elaborada pelos autores, antes mesmo da estruturação do plano de gestão, baseou-se na valorização paisagística e ecológica da região e levou em consideração indicadores provenientes da ecologia da paisagem.

As informações levantadas, incluindo-se as formas de uso e ocupação do solo ocorrentes na região, foram integradas mediante somatória ponderada e utilizando-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Como resultado do trabalho obteve-se a carta de zoneamento ambiental, a qual dividiu a área de estudo em cinco zonas de distintos valores ambientais. São elas: áreas que devem ser ordenadas pelo planejamento urbanístico; áreas degradadas e que devem ser recuperadas; áreas de uso agroflorestal e pecuário; áreas de proteção e melhoria; áreas de reservas naturais (ONTIVERO *et al.*, 2008).

Inêz (2010) desenvolveu um trabalho de zoneamento (geo)ambiental na microbacia do córrego da Prata (Descalvado, SP), que tratou da aplicação da abordagem metodológica sintética – definição de unidades ambientais homogêneas.

Os documentos cartográficos produzidos no contexto desse trabalho, na escala de 1:10.000 e utilizando-se o *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 9.3, foram: Mapa de Documentação; Mapa de Uso e Ocupação do Solo; Mapa de Formações Geológicas de Superfície; Carta de Declividades; Carta de Formas de Relevo; Carta Unidades de Paisagem; Carta de Cobertura Vegetal; Carta de Risco Potencial à Erosão; Carta de Riscos Ambientais; Carta de Legislação Ambiental; Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Sintético.

Para a geração da Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Sintético, o autor realizou a intersecção das cartas de Unidades de Paisagem, Legislação Ambiental e Riscos Ambientais no *software* de SIG ArcGis 9.3, e a mesma compartimentou a área da microbacia do córrego da Prata, baseando-se nos conceitos de ecologia da paisagem, em quatro zonas distintas: zona de preservação ambiental; zona de conservação ambiental; zona de recuperação ambiental; zona de uso múltiplo.

Um trabalho de zoneamento (geo)ambiental que, por sua vez, tratou da aplicação da abordagem metodológica analítica é o de Lorandi, Junqueira & Moraes (2010).

O trabalho consistiu na elaboração de proposta de zoneamento (geo)ambiental para o município de Cordeirópolis (SP), utilizando-se o *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Spring 4.2.

A abordagem metodológica analítica utilizada nesse trabalho considerou como base para a elaboração do zoneamento (geo)ambiental a litologia, os tipos de solo e as formas de relevo, confrontando-as com as formas de uso e ocupação do solo que ocorrem no município.

Como resultado do trabalho obteve-se um diagnóstico do município, através da carta final de zoneamento (geo)ambiental e da caracterização de suas zonas (domínios), o qual poderá auxiliar os tomadores de decisão no processo de planejamento do município, minimizando impactos socioambientais.

Lisboa & Ferreira (2011) desenvolveram um trabalho de zoneamento (geo)ambiental no município de Colorado D'Oeste, Rondônia, que fundamentou-se na caracterização do meio físico, com o intuito de ordenar o uso territorial do município.

Para a realização do trabalho foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento que possibilitaram a elaboração da carta síntese de zoneamento (geo)ambiental, a qual poderá contribuir com a gestão territorial e ambiental do município.

A utilização de produtos de sensoriamento remoto, obtidos a partir de satélites, acrescidos aos mapas básicos do meio físico (pedologia, formações geológicas, geomorfologia e cobertura vegetal), permitiu a realização de análises morfoestruturais, através das quais foi possível a definição de altos e baixos estruturais que, associados à tectônica, possibilitaram a compartimentação fisiográfica da área do município.

Posteriormente, baseando-se em tais informações, foi possível a elaboração do mapa de subzonas (geo)ambientais e a caracterização das mesmas com relação aos seguintes aspectos: regime hídrico, pedologia, constituições mineralógicas, textura, cor e materiais sedimentares.

A integração de todas essas informações deu origem à carta de zoneamento (geo)ambiental, que contém a espacialização de áreas destinadas ao uso territorial, de áreas a serem preservadas e de áreas que devem ser submetidas a processos de recuperação (LISBOA & FERREIRA, 2011).

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO

5.1 Características gerais

A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (Figura 7) estende-se por área de aproximadamente 275 km², tendo a maior parte de sua área contida no município de São Carlos e uma pequena parcela correspondendo ao município vizinho de Ibaté, no Estado de São Paulo (ESPÍNDOLA, 2000).

Essa bacia, segundo a classificação de Strahler (1952), é classificada como de quarta ordem.

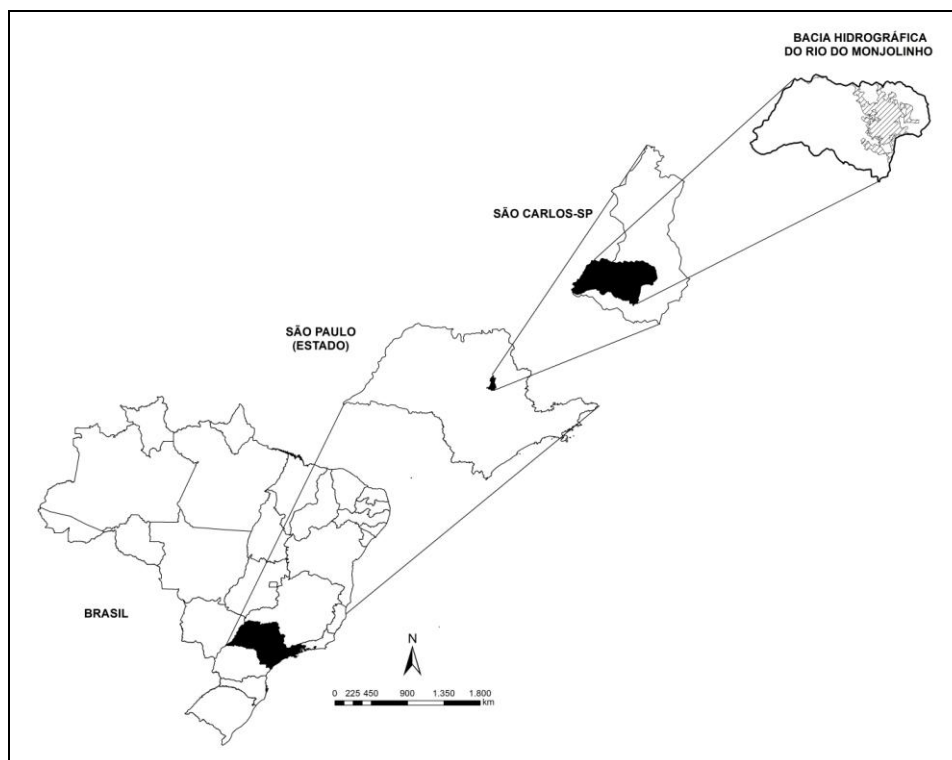


FIGURA 7: Localização da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho no município de São Carlos, no Estado de São Paulo e no Brasil. Fonte: Campanelli & Inêz (2012).

O município de São Carlos (SP) encontra-se situado entre duas grandes bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, tendo aproximadamente 1/3 de sua área inserida na bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré e os 2/3 restantes na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu.

Praticamente toda a área urbana do município encontra-se inserida na sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.

Segundo dados do último levantamento censitário, o município de São Carlos apresenta área de 1.137,303 km² e população de 221.950 habitantes, sendo que 96% da população é urbana e apenas 4% é rural (BRASIL – IBGE, 2010).

Trata-se de um município com grande vigor acadêmico, tecnológico e industrial, no qual atividades industriais diversificadas (motores, compressores herméticos para refrigeração, lápis, têxteis, embalagens, tintas, geladeiras e fogões, etc.), universidades (Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Universidade de São Paulo – USP, etc.) e centros e institutos de pesquisa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental – AIIEGA, etc.) encontram-se instalados.

O cerrado foi a vegetação original predominante, ocorrendo nos terrenos arenosos do planalto. A cultura do café, além de possibilitar a construção de prédios de

grande refinamento arquitetônico na área urbana do município, que foram projetados por mestres, em sua maioria italianos, e com materiais de construção provenientes da Europa, fez com que o município se tornasse um centro econômico e cultural no apogeu do ciclo do café.

O município dispõe de um plano diretor (instrumento básico da política de desenvolvimento do município), instituído pela Lei Municipal N° 13.691, de 25 de novembro de 2005.

Com relação ao abastecimento de água potável no município de São Carlos (SP), as cabeceiras do rio do Monjolinho fornecem água para o abastecimento público de 15% da cidade. A sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão contribui com 35% do abastecimento, sendo o restante da água obtida através de fontes subterrâneas do aquífero Guarani – poços profundos perfurados (SÃO CARLOS, 2007).

O sistema de captação de água do município de São Carlos (SP), construído entre 1958 e 1960, era composto, inicialmente, por duas estações de captação: uma delas localizada na confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Espraiado, conhecida como Captação do Espraiado, e outra nas proximidades da desembocadura do córrego Santa Maria Madalena, conhecida como Captação do Galdino (SAAE, 2011 *apud* SOUZA, 2011).

A Captação do Galdino teve que ser desativada, em função da grande urbanização ao longo de sua área de drenagem, que impactou os recursos hídricos superficiais existentes, tornando inviável seu tratamento visando o abastecimento público de água potável (SOUZA, 2011).

Em 1969, o município iniciou a captação de água subterrânea proveniente do aquífero Guarani e em 1971 foi inaugurada a captação de água do ribeirão do Feijão, localizada em área mais preservada (SOUZA, 2011).

Com relação ao tratamento da água captada pelo município, a Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP) foi fundada em 1959 e recebe água proveniente das captações do ribeirão do Feijão e do Espraiado. Iniciou suas atividades realizando o tratamento de 210 litros/segundo de água e, atualmente, efetua o tratamento de até 540 litros/segundo de água (SAAE, 2012).

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE – autarquia municipal) produz 2.300.000 litros por mês de água potável, sendo que a Estação de Tratamento de Água (ETA) trata diretamente de 50% desse volume, que corresponde à captação superficial. A ETA também responde pelo tratamento dos outros 50%, que são provenientes de 24

poços profundos distribuídos pela cidade e que correspondem à produção subterrânea (SAAE, 2012).

O cenário da demanda hídrica urbana do município de São Carlos (SP) para o ano de 2015 é de 655 litros/segundo (BRASIL – ANA, 2010).

Com relação ao tratamento de esgotos do município, a Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Monjolinho – realiza o tratamento de 85% do esgoto sanitário gerado.

O princípio básico de funcionamento da ETE Monjolinho refere-se à atuação de Reatores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente de Manta de Lodo (Reatores UASB).

No município de São Carlos (SP), os esgotos sanitários provenientes da região do bairro Cidade Aracy ainda são lançados diretamente nas sub-bacias hidrográficas dos córregos da Água Quente e da Água Fria, sem antes passar pela estação. O lançamento desses esgotos sanitários contribui com a degradação da qualidade da água dos corpos d'água pertencentes a essas duas sub-bacias hidrográficas.

A demanda urbana de esgotos sanitários de São Carlos é de 636 litros/segundo, segundo informações do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

A expansão da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Monjolinho – está prevista para o ano de 2015, com o tratamento de 1000 litros/segundo, estimando-se população de 500 mil habitantes.

O município de Ibaté (SP), por sua vez, apresenta área de 290,663 km² e população de 30.734 habitantes (Brasil – IBGE, 2010) e a base de sua economia é a produção sucroalcooleira, com grandes áreas de cultivo de cana de açúcar.

Ibaté (SP) também dispõe de um plano diretor, subsidiando o desenvolvimento e a expansão urbana do município, cuja redação é dada pela Lei Complementar N° 001, de 22 de dezembro de 2006.

O abastecimento público de água potável do município de Ibaté (SP) é integralmente realizado a partir de poços perfurados (BRASIL – ANA, 2010).

O cenário da demanda hídrica urbana do município de Ibaté (SP) para o ano de 2015 é de 74 litros/segundo (BRASIL – ANA, 2010).

A sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho é parte integrante da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, sendo este um dos afluentes da margem direita do rio Tietê, o qual recebe este afluente no reservatório de Ibitinga – um dos sistemas que pertence ao complexo de reservatórios construídos em cascata no rio Tietê.

Com localização na região centro-norte do Estado de São Paulo, especificamente entre os paralelos 21°57' e 22°06' de latitude sul e os meridianos

47°50' e 48°05' de longitude oeste, a sub-bacia do rio do Monjolinho encontra-se a uma distância de aproximadamente 240 km da capital do Estado e tem como característica principal o desenvolvimento urbano do município de São Carlos e todos os impactos ambientais decorrentes deste processo.

Em relação ao uso e ocupação do solo da sub-bacia, as principais atividades que, ao longo dos anos, foram responsáveis pela modificação da paisagem natural, gerando, em algumas situações, grandes impactos ambientais, foram: cultura do café (ciclo cafeeiro – apogeu entre 1876 e 1888); indústrias (as primeiras atividades industriais se instalaram na região em função do ciclo cafeeiro e em consonância com a imigração); agroindústria açucareira (fator relevante na modificação da paisagem natural desde a década de 1950); pecuária.

A partir da Lei Estadual N° 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a área referente à sub-bacia do rio do Monjolinho passou a fazer parte do 6° grupo de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo, estando localizada na 13ª bacia – bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (Figura 8).

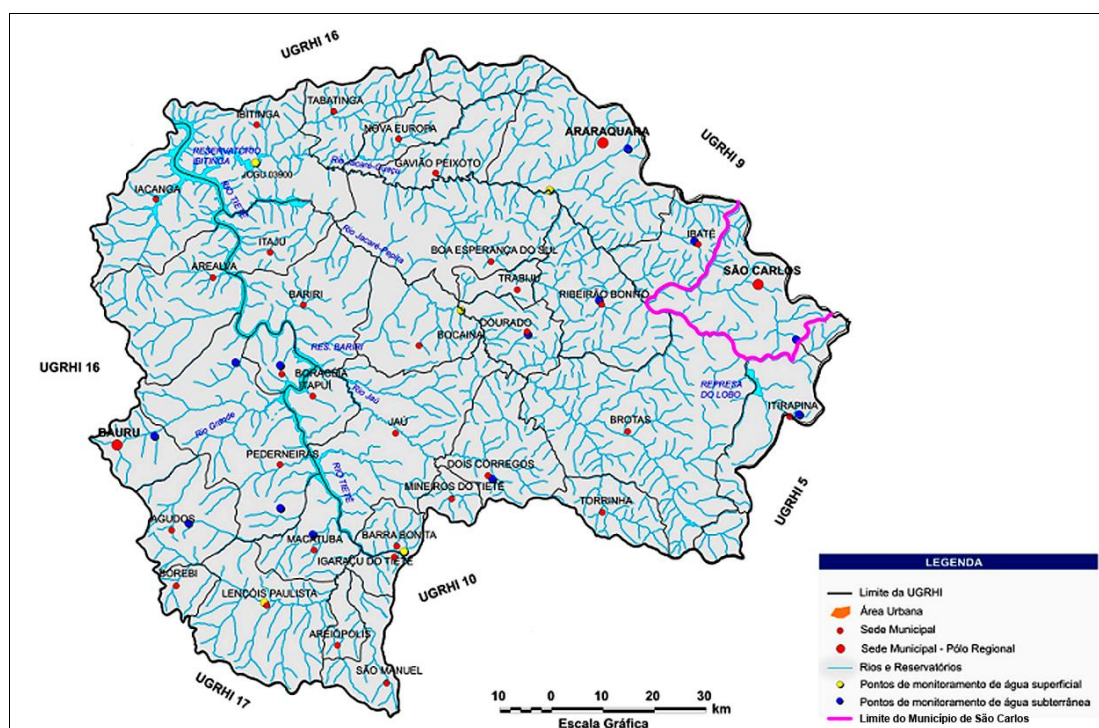


FIGURA 8: Mapa da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, que corresponde à área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI 13), da qual a sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho faz parte. Fonte: Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2010) modificado por Leandro C. Campanelli (2011).

Dessa forma, algumas obras, como, por exemplo, obras de macrodrenagem, que são executadas na sub-bacia do rio do Monjolinho (Figura 9) são fruto da participação do município de São Carlos no Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) – comitê gestor da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré.

Nesse contexto, é importante ressaltar que a participação de São Carlos no CBH-TJ ocorre através de representantes de instituições da sociedade civil (ex.: APASC – Associação para Proteção Ambiental de São Carlos), de universidades (UFSCar e USP), do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE – autarquia municipal) e da Prefeitura Municipal.

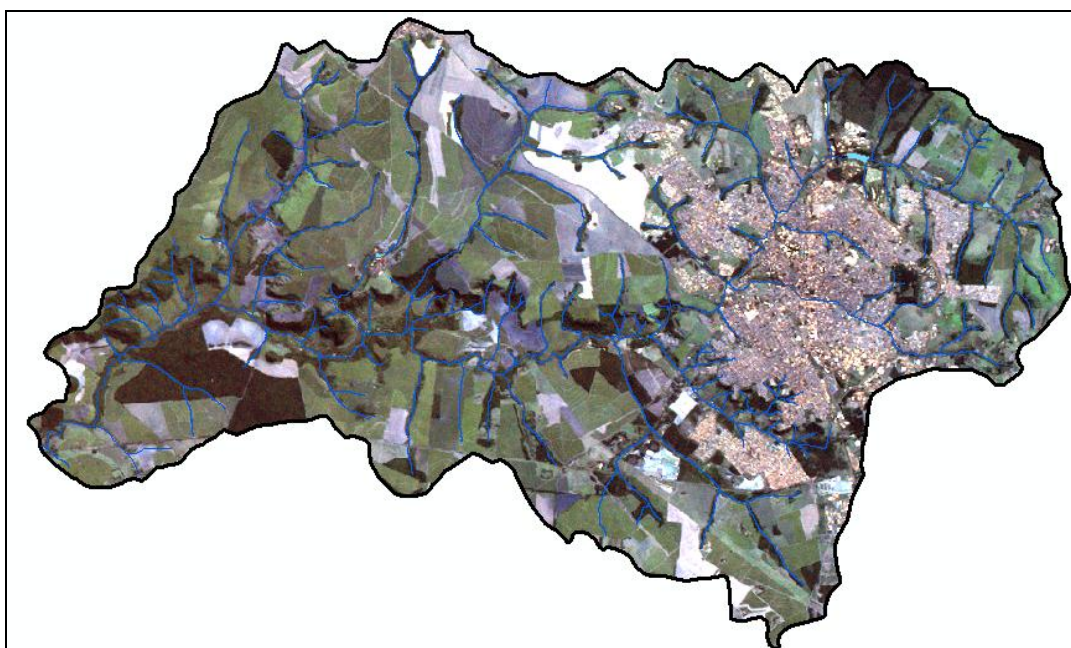


FIGURA 9: Imagem Landsat da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.
Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Satélite Landsat 5) (2011).

O rio do Monjolinho, principal córrego da bacia em questão, possui extensão de aproximadamente 43,25 km e nasce no Planalto de São Carlos, a leste do município (nas proximidades do bairro Jardim São Rafael – bairro periférico de São Carlos), na cota de 900 m, percorrendo o sentido leste-oeste, dando origem a uma ampla planície de inundação (ESPÍNDOLA, 2000).

Nas proximidades do *campus* da Universidade Federal de São Carlos, antes da malha urbana de São Carlos (SP), encontra-se a Captação do Espraiado (estação de captação de água para consumo humano), a qual capta água do rio do Monjolinho (vazão de captação de 180 litros/segundo) e do córrego do Espraiado (vazão de captação de 40 litros/segundo). Esta estação corresponde a 15% da captação de água utilizada na

cidade, sendo que uma das vantagens a ela associada refere-se à sua proximidade (cerca de 5 km) em relação à Estação de Tratamento de Água (ETA) (CÔRTEZ, 2000).

Ao longo do perímetro urbano de São Carlos, o rio do Monjolinho apresenta alguns trechos canalizados e recebe contribuições de vários tributários, como os córregos Santa Maria Madalena, Tijuco Preto, do Mineirinho e do Gregório e também de águas residuárias – esgotos sanitários e efluentes provenientes de atividades industriais diversificadas (papel, alimentos, tintas, etc.). Fora do perímetro urbano, o rio do Monjolinho recebe contribuições de outros tributários, como os córregos da Água Quente, da Água Fria, do Cancã, da Serra e do Palmital.

Campanelli & Amorim (2009) realizaram um levantamento de condições ambientais, através do qual o rio do Monjolinho foi percorrido desde uma de suas nascentes até sair do perímetro urbano de São Carlos (SP), com o objetivo de se registrar os principais impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas e as principais melhorias efetuadas pelo poder público para minimizá-los.

Para a realização do levantamento, inicialmente, realizou-se análise da extensão do rio utilizando-se imagens aéreas e na sequência dividiu-se o mesmo em três setores (Setor 1 – correspondendo à região da nascente; Setor 2 – correspondendo ao perímetro urbano de São Carlos; Setor 3 – correspondendo à região na qual o rio deixa o perímetro urbano de São Carlos), para que o mesmo pudesse ser percorrido.

Os resultados obtidos pelos autores foram: no Setor 1 registrou-se disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos (Figura 10) e ausência de vegetação ciliar; no Setor 2 registrou-se disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos e de resíduos de construção e demolição, ausência de vegetação ciliar, marginais construídas em fundo de vale, incidência de processos erosivos ao longo de margens, pontos de assoreamento do leito do rio, pontos de inundação (confluência do rio do Monjolinho com os córregos do Tijuco Preto e do Gregório), iniciativas de recomposição de vegetação ciliar, obras de contenção de margens e construção de canal sob o leito dos córregos (macro drenagem) (Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16); no Setor 3 registrou-se ausência de vegetação ciliar e acúmulo de resíduos sólidos domésticos. Neste Setor 3 encontra-se instalada a Usina Hidrelétrica do Monjolinho (Figura 17) e, posteriormente, a Estação de Tratamento de Esgotos de São Carlos – ETE Monjolinho (Figura 18), cujo projeto foi desenvolvido por pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC / USP). Pode-se verificar também neste Setor 3 áreas de solo exposto, decorrentes de atividades minerárias – extração de areia (Figura 19).



FIGURA 10: Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos nas proximidades de uma das nascentes do rio do Monjolinho. Na figura pode-se verificar que o terreno apresenta inclinação que favorece o carreamento dos resíduos para a nascente. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 11: Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos e de resíduos de construção e demolição em uma das margens do rio do Monjolinho, dentro do perímetro urbano de São Carlos, especificamente na Rua Bernardino Fernandes Nunes. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 12: Ausência de vegetação ciliar em uma das margens do rio do Monjolinho, favorecendo a incidência de erosão e o assoreamento do leito do rio. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 13: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Tijuco Preto, na qual verifica-se construção de canal sob o leito dos mesmos para aumentar a velocidade de escoamento das águas. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 14: Construção de canal sob o leito do rio do Monjolinho na região da Avenida Francisco Pereira Lopes – perímetro urbano de São Carlos (SP). Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 15: Marginal construída em fundo de vale, ausência de vegetação ciliar e iniciativa de contenção de margem (estabilização de talude lateral) no rio do Monjolinho, utilizando-se resíduos de construção e demolição. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 16: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Gregório. Na figura pode-se verificar construção de canal sob o leito do córrego do Gregório, iniciativas de contenção de margens e pontos de assoreamento. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 17: Barragem da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) instalada no rio do Monjolinho, na região em que o mesmo deixa o perímetro urbano de São Carlos (SP).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 18: Reator anaeróbico de fluxo ascendente de manta de lodo – princípio de básico de funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos de São Carlos (SP) (ETE Monjolinho).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 19: Área de solo exposto decorrente de atividade minerária (extração de areia) na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho – proximidades da SP 215 (Rodovia Dr. Paulo Lauro).

Ainda em relação à caracterização geral da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, é importante ressaltar que o município de São Carlos (SP) possui uma lei municipal – Lei N° 13.944, de 12 de janeiro de 2006 – que dispõe sobre a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município (APREM) (Figura 20) e que tem como um de seus objetivos a promoção do pleno desenvolvimento da função social de abastecimento da população, por meio da proteção e recuperação da qualidade e da quantidade das águas superficiais que compõem as APREM, principalmente através de iniciativas de recomposição da vegetação ciliar, ripária ou de galeria e da implantação de atividades compatíveis com a proteção e recuperação dos mananciais (São Carlos, 2006). Parte da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente a montante da estação de captação de água do Espraiado, encontra-se enquadrada nesta lei.

É importante ressaltar que, a partir da data em que essa lei municipal das APREM entrou em vigor no município de São Carlos (SP), tornou-se proibida a reservação e a armazenagem de efluentes industriais nas duas áreas de mananciais delimitadas pela lei (porção da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho localizada a montante da estação de captação de água do Espraiado e também a bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão), bem como a disposição final de resíduos sólidos provenientes do sistema de coleta de lixo do município.

Com relação ao controle das cargas difusas de poluição nas APREM/SC, a lei municipal em questão estabeleceu algumas medidas importantes. Como exemplo pode-se citar a detecção de ligações clandestinas de esgotos sanitários e de efluentes

industriais nas redes coletoras de águas pluviais e também a manutenção e a limpeza periódica do sistema de drenagem de águas pluviais, entre outras medidas.

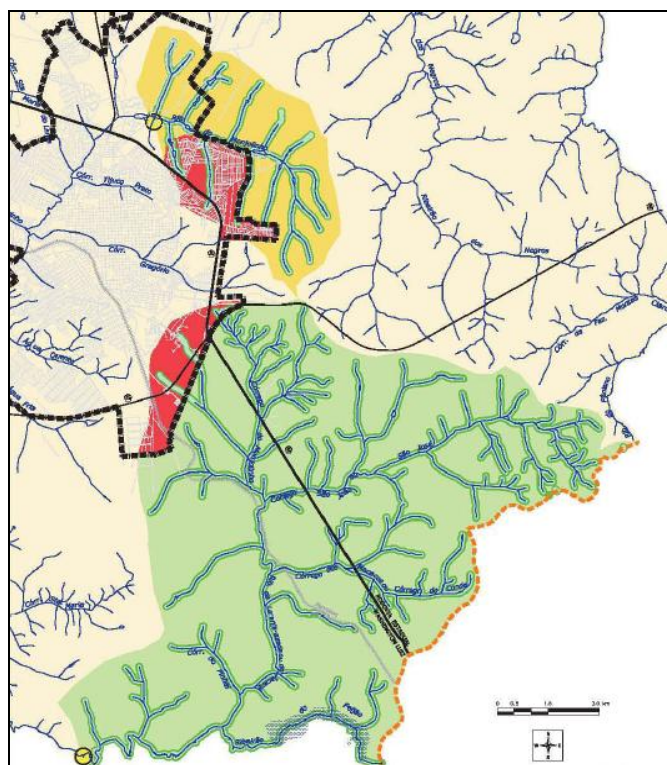


FIGURA 20: Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos (SP) – APREM/SC. Em amarelo encontra-se representada parte da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente a montante da estação de captação de água do Espraiado, e em verde a bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão, que correspondem aos dois mananciais superficiais que abastecem o município de São Carlos (SP). Fonte: São Carlos (2007).

Um trabalho referente ao meio físico que foi desenvolvido na parte superior da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente na porção da bacia que encontra-se enquadrada na lei municipal que institui as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos (SP) – APREM/SC, é o de Lorandi *et al.* (2001), o qual teve como objetivo a elaboração da carta de potencial à erosão laminar desta porção da bacia, na escala de 1:10.000 (Figura 21). A análise do documento cartográfico produzido permite inferir que a área em questão não apresenta alto potencial à erosão laminar. Existe uma predominância de baixo potencial à erosão laminar (53% da área total), que pode ser explicada pelo grande espaço ocupado por pastagens, as quais mantêm a cobertura vegetal herbácea (gramíneas). Nos outros 47% da área total verifica-se potencial moderado à erosão laminar, requerendo a adoção de medidas para se evitar o aparecimento e o desenvolvimento de processos erosivos mais severos – sulcos, ravinas e voçorocas.

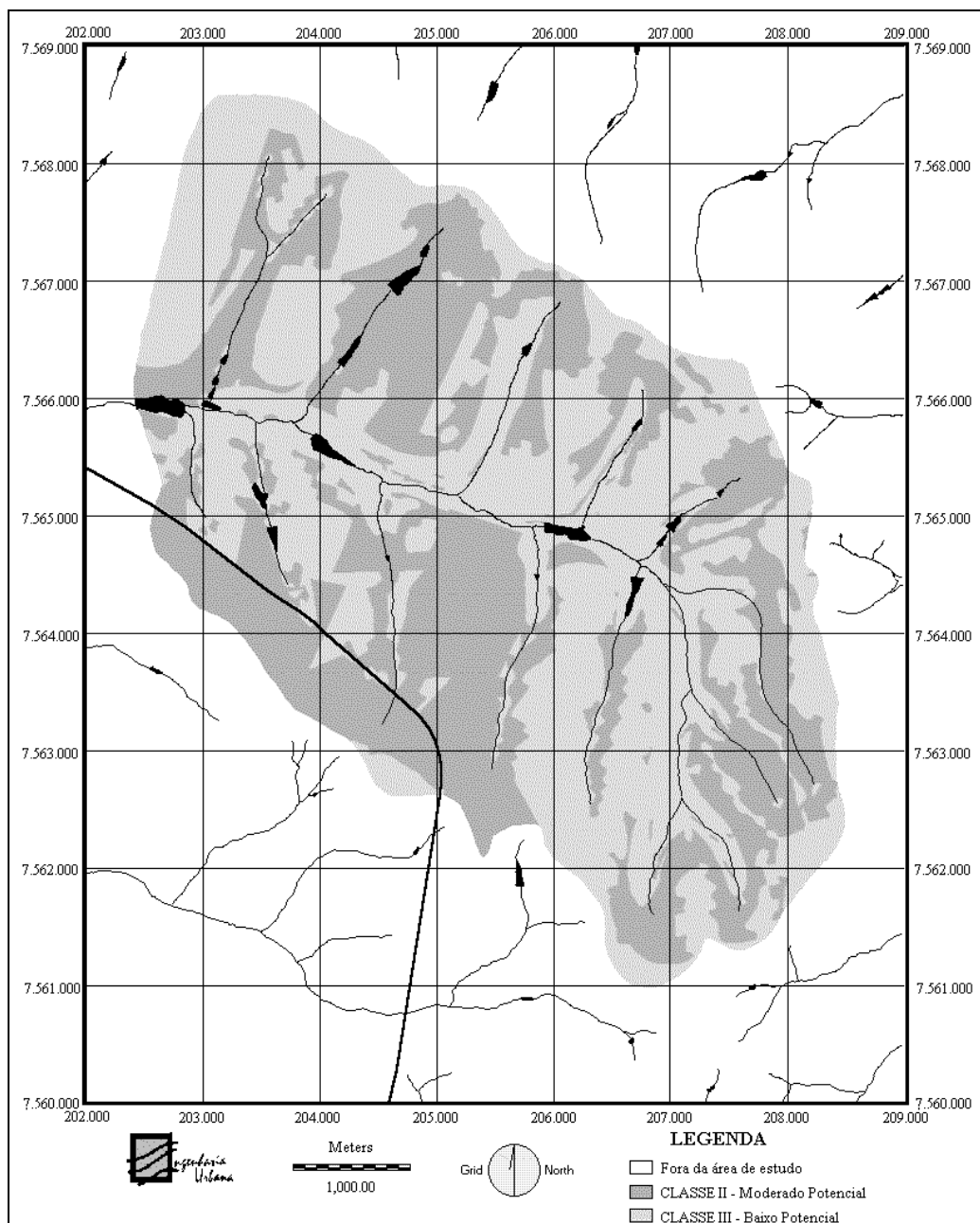


FIGURA 21: Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, na escala de 1:10.000. Fonte: Lorandi *et al.* (2001).

Outros dois trabalhos que trazem informações diversificadas a respeito da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho e que poderão subsidiar intervenções futuras na bacia são: Sé (1992) e Dornelles (2006).

No trabalho desenvolvido por Sé (1992) foi efetuado um levantamento de informações ecológicas e científicas sobre o rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica, com o intuito de dar início a um processo de recuperação das funções ecológicas básicas inerentes aos ecossistemas da bacia e de formular um plano de educação ambiental voltado para a população residente na área em questão.

No decorrer do trabalho, o autor levantou diversas informações a respeito das características naturais da bacia, como, por exemplo: localização geográfica, clima, formações geológicas, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal, recursos hídricos, uso e cobertura do solo, etc.

Parâmetros físico-químicos e biológicos indicativos de qualidade de água também foram determinados a partir de amostras de água coletadas longitudinalmente no rio do Monjolinho.

As informações obtidas, incluindo os resultados das análises de qualidade de água, constituíram um banco de dados que possibilitou relacionar os processos lóticos inerentes à dinâmica dos ecossistemas aquáticos aos processos ocorrentes ao longo da superfície terrestre da bacia.

No trabalho desenvolvido por Dornelles (2006), a metodologia utilizada consistiu na aplicação de questionários, com o objetivo de avaliar a percepção da população urbana e rural residente na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação aos problemas ambientais existentes.

A análise dos questionários respondidos mostrou que o poder público (76,9%) foi considerado um dos principais responsáveis pelos problemas ambientais que ocorrem nas bacias hidrográficas, juntamente com a população (53,8%), a qual busca informações mais acuradas (87,7%) acerca das questões ambientais (DORNELLES, 2006).

Os dados coletados através dos questionários também mostraram que a percepção da população em relação à atuação das universidades e centros de pesquisa é a de isolamento, uma vez que essas instituições preocupam-se muito mais com a produção do saber científico do que com a difusão deste junto à sociedade e ao poder público (DORNELLES, 2006).

A necessidade de um reforço de identidade entre a comunidade e os rios da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho também foi evidenciada na pesquisa realizada (DORNELLES, 2006).

No final do trabalho, o autor apresentou inúmeras fotos ilustrando problemas ambientais que podem ser verificados ao longo da bacia em questão, como, por exemplo: disposição inadequada de resíduos sólidos diversificados; lançamento de esgotos sanitários sem tratamento em corpos d'água da bacia; incidência de processos erosivos; ausência de vegetação ciliar; redução do leito do rio do Monjolinho; etc.

No Anexo 01 encontra-se um poema sobre o rio do Monjolinho, intitulado “Monjolinho” (autoria de Benjamim Mattiazzi) e no Apêndice 01 encontra-se uma sequência de fotos referentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, ilustrando impactos ambientais diversificados, formas de uso e cobertura do solo e intervenções que vêm sendo efetuadas pelo poder público para minimizar estes impactos.

5.2 Características das principais sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho

As sub-bacias hidrográficas pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho apresentam diferentes características e diferentes graus de urbanização. Muitas dessas características podem ser extraídas a partir da fotointerpretação de qualquer imagem de satélite apresentando boa resolução.

A sub-bacia hidrográfica do córrego do Tijuco Preto, que encontra-se totalmente inserida no perímetro urbano de São Carlos (SP), apresenta alto grau de urbanização, poucas áreas verdes, excesso de impermeabilização do solo e alguns episódios de inundações urbanas na região da confluência do córrego do Tijuco Preto com o rio do Monjolinho, nas proximidades do *campus* 1 da Universidade de São Paulo (USP).

O córrego do Tijuco Preto, principal corpo d’água dessa sub-bacia, possui alguns trechos canalizados (tamponados) e alguns trechos nos quais há construção de canal sob o leito para aumentar a velocidade de escoamento das águas, minimizando a incidência de inundações urbanas.

A sub-bacia hidrográfica do córrego do Gregório que, por sua vez, encontra-se quase que totalmente inserida no perímetro urbano de São Carlos (SP), apresenta alto grau de urbanização, ausência de áreas verdes, excesso de impermeabilização do solo, marginais construídas em fundo de vale, histórico de inundações urbanas (ex.: região da baixada do Mercado Municipal de São Carlos, SP) com grandes prejuízos socioeconômicos e incidência de processos erosivos severos em margens de córregos (ex.: processos erosivos nas margens do córrego do Gregório na região da Avenida Comendador Alfredo Maffei, em frente ao SESC) que trazem riscos à pavimentação adjacente.

Outras características da sub-bacia hidrográfica do córrego do Gregório são: encontra-se situada em área urbana central, predominantemente comercial; presença de praças e áreas institucionais (ex.: Praça da Piscina Municipal, Praça dos Voluntários da

Pátria e Praça do Mercado Municipal); presença de alguns vazios urbanos – espaços ociosos (ex.: terreno situado ao lado do SESC de São Carlos).

O leito natural do córrego do Gregório foi bastante modificado na região central de São Carlos (SP), para facilitar o processo de ocupação urbana (CDCC, 2012).

Deve-se ressaltar que um trabalho emergencial de contenção e de estabilização de margens, incluindo a construção de canal sob o leito do córrego, vem sendo efetuado no córrego do Gregório, na região da Avenida Comendador Alfredo Maffei, em função do estágio avançado dos processos erosivos incidentes.

A sub-bacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena, que encontra-se parcialmente inserida no perímetro urbano de São Carlos, apresenta grau de urbanização menor em relação às sub-bacias hidrográficas dos córregos do Tijuco Preto e do Gregório. Uma parte desta sub-bacia é urbana e a outra é rural (pastagens e cultivos de cana de açúcar). Isto pode ser confirmado com o auxílio de imagem de satélite ou do próprio *Google Earth*.

Outras características da sub-bacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena são: mobilização da população local em torno das questões ambientais; iniciativas de recomposições de matas ciliares com o uso de espécies nativas (ex.: Bosque Cambuí – situado em uma das margens do córrego Cambuí e do córrego Santa Maria Madalena) por parte da própria população local; presença de um fragmento urbano remanescente de Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecídua) – Bosque Santa Marta, situado no bairro Santa Marta.

É importante destacar que o Bosque Santa Marta é a única reserva de Mata Atlântica nativa dentro do perímetro urbano de São Carlos (SP), na qual são realizadas atividades de preservação, mutirões de limpeza, eventos culturais de conscientização ambiental, plantio de árvores em áreas periféricas, visitas monitoradas de várias escolas da cidade, etc.

O processo de expansão urbana de São Carlos (SP) tem ocupado porções da sub-bacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena, especificamente nas proximidades e no entorno do bairro Jardim Acapulco, gerando pressão imobiliária sobre a sub-bacia.

Nas sub-bacias hidrográficas dos córregos da Água Quente e da Água Fria são verificadas as maiores concentrações de população de baixa renda do município de São Carlos (SP). Os córregos destas sub-bacias são receptores diretos de todo o esgoto

sanitário gerado em bairros como, por exemplo, Cidade Aracy e Antenor Garcia e nesses córregos também são verificados significativos processos de assoreamento.

Além disso, na sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente podem ser observadas: grandes feições erosivas, sobretudo voçorocas, muitas das quais tornam-se bota-foras de resíduos de construção e demolição; histórico de ocupação irregular; irregularidades fundiárias; determinadas localidades desprovidas de infraestrutura urbana. Na região do bairro Cidade Aracy são verificadas novas habitações, que são fruto do programa habitacional do governo federal “Minha Casa Minha Vida”.

Gomes *et al.* (2012) desenvolveram um estudo na região da sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente, que teve como objetivo a realização de inventários de processos erosivos incidentes na área, utilizando métodos de fotointerpretação tradicionais e fichas de inventário de campo. Os resultados do estudo mostraram que a sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente, que encontra-se inserida em área urbana periférica e em processo de expansão, apresenta diferentes tipos de feições erosivas (ativas e inativas) e em diferentes estágios evolutivos, condicionadas, principalmente, pelos materiais geológicos e pedológicos que compõem o meio físico da área em questão, os quais são susceptíveis à erosão. O estudo também mostrou que um dos principais fatores deflagradores dos processos erosivos identificados é a concentração de águas superficiais, em função da ocupação inadequada de determinadas porções da sub-bacia e da inexistência de projetos e de infraestruturas de drenagem das águas pluviais urbanas.

Outras sub-bacias hidrográficas, como, por exemplo, a do córrego do Cancã, a do córrego da Serra e a do córrego do Palmital, encontram-se fora dos limites do perímetro urbano de São Carlos (SP) e, em função disso, apresentam baixo grau de urbanização. Ao longo destas sub-bacias podem ser verificados alguns fragmentos remanescentes de vegetação nativa e extensas áreas de cultivo de cana de açúcar.

5.3 Clima

Com relação às características climáticas da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, o clima regional classifica-se, segundo sistemática de Koppen, como Cwb, com duas estações climáticas bem definidas: uma seca (de abril a setembro) e outra chuvosa (de dezembro a fevereiro). As médias anuais de precipitação variam entre 1200 e 1500 mm e os ventos frequentes são os de noroeste (30% do ano) e sudoeste (20% do ano), com velocidade média entre 3,5 e 4 m/s (ESPÍNDOLA, 2000).

5.4 Relevo

A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho caracteriza-se por uma variedade de formas de relevo.

As formas de relevo características da bacia em questão são: Relevo Colinoso e Relevo Escarpado. Formas de relevo menos expressivas e que também são verificadas na bacia são: Planícies Aluviais e Testemunhos (SÉ, 1992 *apud* MACIEL, 2000).

O Relevo Colinoso é constituído basicamente por tabuleiros, colinas amplas, colinas médias, colinas pequenas com espigões locais inferiores a 100 metros e declividades de encostas inferiores a 15%. De acordo com Sé (1992) *apud* Maciel (2000), essa é a principal forma de relevo que aparece ao longo da área da bacia em questão, havendo predomínio de colinas médias e amplas.

O Relevo Escarpado, segundo IPT (1981) *apud* Maciel (2000), caracteriza-se por amplitudes locais superiores a 100 metros e declividades de encostas superiores a 15%.

As Planícies Aluviais, por sua vez, caracterizam-se por terrenos baixos e relativamente planos, sujeitos às inundações periódicas dos rios e localizando-se ao longo das margens dos mesmos. Na área da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho esta forma de relevo pode ser verificada principalmente ao longo do curso do rio do Monjolinho.

Os Testemunhos caracterizam-se por relevos residuais, cuja origem encontra-se associada a processos de desnudação.

5.5 Geologia

Com relação à geologia, pode-se afirmar que as formações geológicas de superfície predominantes ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são: Formação Serra Geral e Formação Botucatu, pertencentes ao Grupo São Bento, Formação Adamantina, relativa ao Grupo Bauru, e Formação Pirambóia.

Na Figura 22 verifica-se uma composição de mapas, ilustrando a distribuição das unidades geológicas presentes na área de estudo: Província Paraná, UGRHI 13 (Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré) e município de São Carlos (SP). Neste último encontra-se inserida quase que toda a área da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.

Na bacia hidrográfica em questão também há ocorrência de Suítes Básicas e Depósitos Recentes do Quaternário (ou simplesmente Quaternário).

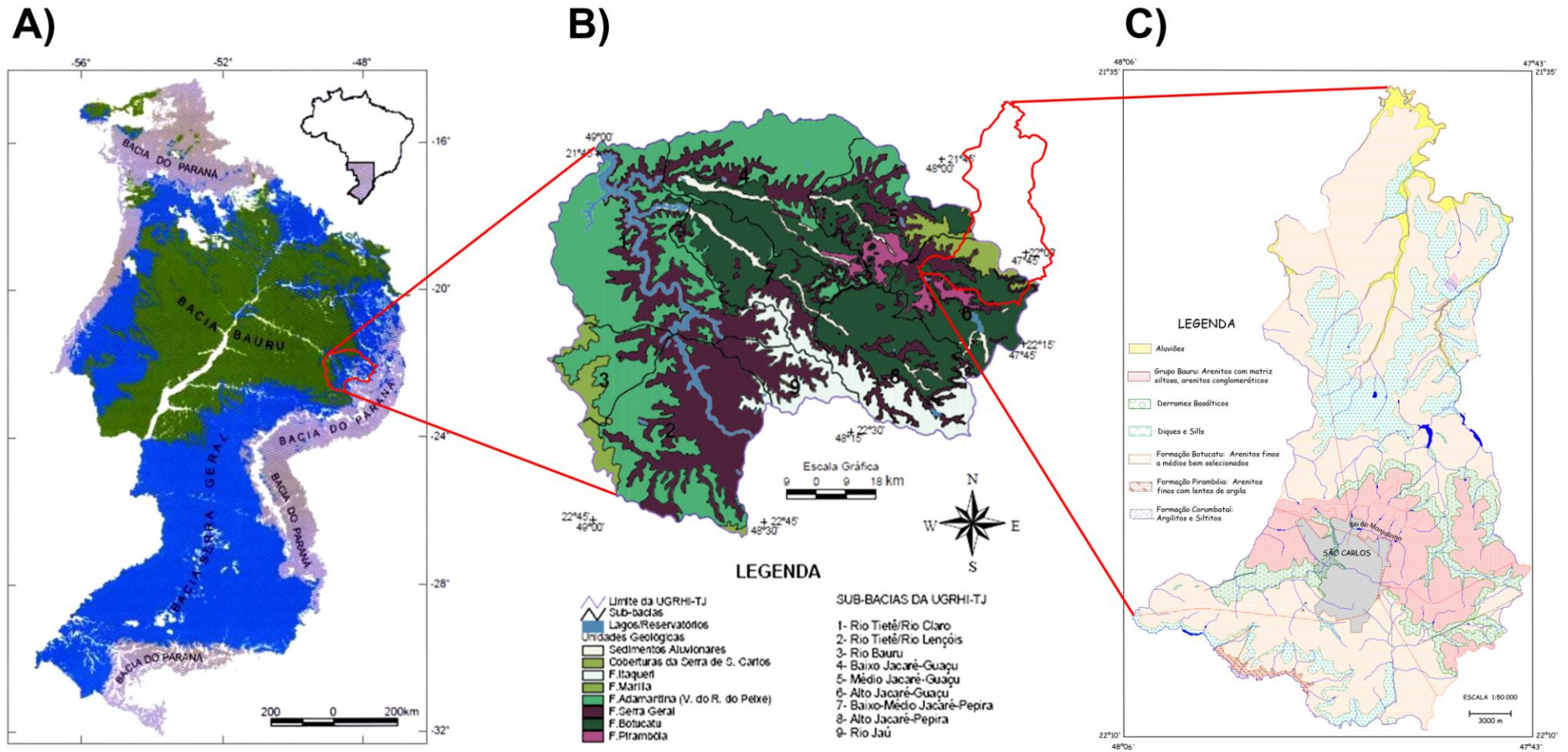


FIGURA 22: Distribuição das unidades geológicas da área de estudo: a) Esboço Geológico da Província Paraná (Bizzi *et al.*, 2003); b) Unidades Geológicas da UGRHI 13 – bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (Relatório n° 40.674 do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – CBH-TJ); c) Mapa de Substrato Rochoso desenvolvido por Muro (2000) para o município de São Carlos. Fonte: elaborado por Leandro C. Campanelli & Ricardo M. Degani (2012).

A Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, caracteriza-se por rochas eruptivas básicas extrusivas, como, por exemplo, o basalto, com a presença de alguns corpos intrusivos subsuperficiais na forma de diques e sills, intercalados localmente por arenito eólico. As rochas eruptivas básicas são compactas, de coloração escura, com granulometria que varia de muito fina a menos fina e com a presença de minerais ferromagnesianos.

A designação Formação Serra Geral refere-se à província magmática relacionada aos derrames e intrusivas que recobrem 1.200.000 km² da Bacia Sedimentar do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina.

A origem das rochas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral encontra-se associada a atividades vulcânicas do tipo fissural que ocorreram a partir do período Jurássico Superior, ao longo da região que corresponde à Bacia Sedimentar do Paraná.

A configuração morfológica da Formação Serra Geral forma, com certa frequência, paredões verticais, com espessas coberturas coluvionares nos sopés das encostas e, de maneira secundária, morros suavemente abaulados, provavelmente relacionados ao aplainamento dado ao relevo após o derrame basáltico (AGUIAR, 1989).

De acordo com Sé (1992) *apud* Maciel (2000), a Formação Serra Geral, do ponto de vista estratigráfico, encontra-se localizada sobre os arenitos pertencentes à Formação Botucatu, de maneira bastante irregular devido à presença de dunas.

O material rochoso proveniente da Formação Serra Geral é muito explorado para uso em pavimentação não asfáltica em estradas vicinais, em função de seu elevado grau de fraturamento (ZUQUETTE, 1981).

Na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a Formação Serra Geral aflora ao longo de toda a porção central da bacia e em alguns trechos de domínio da Formação Botucatu (MACIEL, 2000).

A Formação Botucatu, pertencente ao Grupo São Bento, caracteriza-se por arenitos de coloração esbranquiçada, adquirindo coloração avermelhada à medida que os arenitos se aproximam dos magmatitos da Formação Serra Geral.

O deserto Botucatu, presente ao longo da porção sul da Bacia Sedimentar do Paraná, é constituído basicamente por depósitos de areias eólicas.

Os sedimentos que fazem parte da Formação Botucatu possuem granulometria que varia de fina a média, e é notável a presença de grãos quartzosos foscos,

arredondados, esféricos e equidimensionais, bem selecionados, altamente silicificados e com ausência de matriz argilosa.

Em função das características dos sedimentos que compõem a Formação Botucatu, sobretudo a predominância do arenito de granulometria fina, elevado grau de arredondamento dos grãos e presença de estruturas sedimentares com estratificação cruzada, acredita-se que a formação geológica em questão ocorreu devido à deposição de origem eólica e contribuição secundária proveniente de sedimentação fluvial e/ou lacustre (MACIEL, 2000).

Em algumas localidades da Formação Botucatu, a homogeneidade dos arenitos de granulometria fina é interrompida pela predominância de arenitos conglomeráticos.

Do ponto de vista litoestratigráfico, essa formação geológica é característica do período Jurássico (Era Mesozoica).

Do ponto de vista econômico, a porção silicificada dos arenitos pertencentes à Formação Botucatu é explorada por atividades minerárias visando a extração de blocos e lajes bastante utilizadas na construção civil (ZUQUETTE, 1981).

Segundo Maciel (2000), na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a Formação Botucatu aparece mais ao sul e também ao longo do curso do rio do Monjolinho.

A Formação Adamantina, relativa ao Grupo Bauru, caracteriza-se por bancos de arenitos de granulação fina, coloração que varia de róseo a castanho, estratificação cruzada e espessuras variando entre 2 e 20 metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de coloração que varia de castanho-avermelhado a cinza-castanho.

Na parte inferior, a Formação Adamantina apresenta drenagem pouco organizada, com predominância de ambiente deposicional de fraca energia. Na parte superior, a formação geológica em questão apresenta um sistema fluvial com rios de maior porte e de alta energia (MACIEL, 2000).

Do ponto de vista litoestratigráfico, o Grupo Bauru é característico do período Cretáceo Superior (Era Mesozoica).

De acordo com Maciel (2000), na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a Formação Adamantina é predominante ao longo de toda a porção norte.

A Formação Pirambóia, por sua vez, caracteriza-se por arenitos de granulometria que varia de fina a média, de coloração amarelada e com predominância de finos (ZUQUETTE, 1981).

Geralmente, a Formação Pirambóia encontra-se recoberta por solos arenosos e apresenta-se com grau de intemperismo muito semelhante ao da Formação Botucatu.

A faixa intemperizada da Formação Pirambóia é pouco espessa, apresentando espessura em torno de 1 metro e aumentando, possivelmente, em áreas nas quais o arenito apresenta-se fraturado e, portanto, sujeito a maior percolação de água. O grau de fraturamento não é tão intenso quanto o da Formação Botucatu (ZUQUETTE, 1981).

O solo proveniente da Formação Pirambóia é utilizado para fins agrícolas, sendo que no mesmo se desenvolve tanto pastagens como cultivos agrícolas anuais (ZUQUETTE, 1981).

Do ponto de vista litoestratigráfico, a Formação Pirambóia é característica do Triássico-Jurássico (Era Mesozoica).

Na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a Formação Pirambóia aparece na porção Sudoeste.

As Suítes Básicas, que também podem ser verificadas na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente nas proximidades da foz do rio do Monjolinho, caracterizam-se por rochas intrusivas magmáticas básicas, que afloram em decorrência de processos erosivos das rochas sobrejacentes.

Com relação aos Depósitos Recentes do Quaternário, ou simplesmente Quaternário, estes caracterizam-se por materiais sedimentares (sedimentos de granulação fina e argilas) e matéria orgânica depositados recentemente pela ação dos rios, ao longo de áreas de fundos de vale (planícies aluvionares).

5.6 Unidades aquíferas

As águas subterrâneas são fundamentais para o desenvolvimento humano. No Brasil, elas desempenham papel estratégico no abastecimento público e privado, suprimindo as mais variadas necessidades de água em cidades e comunidades, assim como em sistemas autônomos residenciais, indústrias, serviços, irrigação de cultivos agrícolas e lazer. Seu papel ecológico também merece ser ressaltado, principalmente no que diz respeito à manutenção da fauna e da flora e à perenização de rios, lagos e pântanos. Esta última atribuição das águas subterrâneas encontra-se diretamente relacionada com a descarga de aquíferos, através dos fluxos de base.

Avaliações preliminares dão indicação de que as águas subterrâneas reservadas em aquíferos – rochas porosas capazes de armazenar água subterrânea em quantidades

apreciáveis – servem para o abastecimento de 30 a 40% da população do país, sobretudo em cidades de pequeno e médio porte (HIRATA, ZOBY & OLIVEIRA, 2010).

A grande quantidade de água subterrânea existente ao longo de toda a extensão do território brasileiro é distribuída, de maneira simplificada, em dois grandes grupos de aquíferos: aquíferos de rochas e materiais sedimentares e aquíferos de rochas fraturadas.

Os aquíferos de rochas e materiais sedimentares são associados aos terrenos sedimentares, os quais ocupam cerca de 4,13 milhões de km², ou seja, 48,5% do país. Bacias sedimentares relacionadas a estes terrenos são as bacias do Proterozóico / Paleozóico, Proterozóico / Mesozóico e Paleozóico e as bacias menores do Mesozóico e Cenozóico. Nestes terrenos encontram-se 27 sistemas aquíferos de porosidade granular e, subordinadamente, cársticos e fraturados, com área de afloramento ou recarga de 2,76 milhões de km² (aproximadamente 32% do país) (HIRATA, ZOBY & OLIVEIRA, 2010).

Os aquíferos de rochas fraturadas são associados aos terrenos cristalinos pré-cambrianos, os quais ocupam área de cerca de 4,38 milhões de km² (aproximadamente 51,5% do território brasileiro) e se comportam como aquíferos fraturados típicos. Estes terrenos coincidem, em grande parte, com o Cráton do Amazonas e os cinturões de dobramento do Neoproterozóico, englobando parte do Cráton do São Francisco (HIRATA, ZOBY & OLIVEIRA, 2010).

De maneira geral, os aquíferos do Brasil fornecem água de excelente qualidade para fins diversificados e seus potenciais são pouco explorados.

Um aspecto importante é o de que a composição química das águas subterrâneas é influenciada pelas rochas e sedimentos que conformam os aquíferos e pelas características climáticas ocorrentes nas áreas de recarga.

Na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, os tipos de aquíferos fraturados que podem ser encontrados são: Aquífero Serra Geral e Aquífero Fraturado. Os tipos de aquíferos sedimentares que, por sua vez, também podem ser encontrados são: Aquífero Bauru, Aquífero Aluvionar e Aquífero Guarani.

O tipo de aquífero associado à Formação Serra Geral é o Aquífero Serra Geral, que se caracteriza por ser fraturado e livre.

O Aquífero Serra Geral foi formado entre 138 e 127 milhões de anos atrás e é constituído por rochas, sobretudo basaltos, originadas dos derrames basálticos (derrames de lava vulcânica) da Formação Serra Geral e intrusões diabásicas. Nos basaltos (rochas compactas, duras e de coloração escura), as aberturas favoráveis ao

armazenamento e ao fluxo de água subterrânea são fraturas originadas durante o resfriamento dos derrames de lava vulcânica e também posteriormente à consolidação das rochas como resultado dos esforços tectônicos decorrentes da movimentação da crosta terrestre. Entre os derrames de lava vulcânica também podem aparecer outras feições geológicas favoráveis à circulação de água, as quais são representadas por camadas arenosas restritas e níveis de amígdalas e vesículas (bolhas aprisionadas durante o resfriamento da lava vulcânica, gerando estruturas em forma de pequenas cavidades ocas ou preenchidas por minerais) (IRITANI & EZAKI, 2008).

Em sua área de afloramento, onde se concentra grande parte dos poços perfurados, a espessura do Aquífero Serra Geral alcança, em média, 300 metros (IRITANI & EZAKI, 2008).

O Aquífero Serra Geral também se caracteriza por apresentar água de excelente qualidade para usos diversificados, incluindo abastecimento público.

O tipo de aquífero associado às Suítes Básicas é o fraturado, que se caracteriza por ser livre, ou seja, constituído por formações geológicas superficiais totalmente aflorantes.

O tipo de aquífero associado ao Grupo Bauru (Formação Adamantina) é o Aquífero Bauru, que se caracteriza por ser poroso e livre (constituído por formações geológicas superficiais totalmente aflorantes).

O Aquífero Bauru é formado por rochas sedimentares arenosas, areno-argilosas e siltosas pertencentes ao Grupo Bauru e depositadas em ambiente desértico e fluvial, sob clima árido e semiárido, há mais de 65 milhões de anos (Iritani & Ezaki, 2008). Trata-se de um aquífero freático, cuja recarga ocorre diretamente pela precipitação pluvial ao longo de toda sua extensão, sendo que sua base de drenagem é constituída pelos rios Paranapanema, Tietê, Grande e Paraná. Sua espessura é irregular, atingindo valores superiores a 300 metros na região do Planalto de Marília.

Com relação à litologia do Aquífero Bauru, em sua porção superior, os arenitos são intercalados por camadas de sedimentos de granulometria fina, como, por exemplo, lamitos e siltitos, ou possuem uma cimentação carbonática entre os grãos de areia, que reduz a capacidade deste aquífero de armazenar e transmitir água. Na porção basal ou inferior predominam arenitos com baixo teor de material fino, conferindo maior produtividade aos poços perfurados.

O tipo de aquífero associado aos Depósitos Recentes do Quaternário é o Aquífero Aluvionar, que se caracteriza por ser sedimentar, poroso e livre. Este tipo de

aquífero ocorre em fundos de vale, nos quais há depósitos de materiais sedimentares e de matéria orgânica pelas cheias dos rios.

O tipo de aquífero associado às Formações Botucatu e Pirambóia é o Aquífero Guarani, que se caracteriza por ser sedimentar, poroso, livre e confinado. A porção aflorante deste aquífero, isto é, aquela que pode ser observada na superfície do terreno e que tem comportamento de aquífero livre, é pequena quando comparada com sua área total. No Estado de São Paulo, a porção aflorante estende-se por cerca de 16.000 km², de Rifaina, ao norte, a Fartura, ao sul, passando pela região de Ribeirão Preto e Botucatu. Nesta porção aflorante, a espessura média atinge 100 metros. Sua maior área de ocorrência no Estado, aproximadamente 174.000 km², em sentido oeste, é confinada pelos basaltos do Aquífero Serra Geral e pelas rochas do Aquífero Bauru (IRITANI & EZAKI, 2008).

Com relação à litologia, o Aquífero Guarani é constituído por arenitos de granulação média a fina, depositados pela ação eólica em ambiente desértico há cerca de 130 milhões de anos. Pelo fato de estes arenitos apresentarem certa homogeneidade, os mesmos possuem grandes quantidades de poros interconectados que possibilita o armazenamento de água em grandes quantidades (IRITANI & EZAKI, 2008).

O Aquífero Guarani é o maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, fornecendo água de excelente qualidade para usos humanos diversificados, como, por exemplo: abastecimento da população, desenvolvimento de atividades econômicas e lazer. Está localizado na região centro-leste da América de Sul, estendendo-se pelo Brasil (71%), Paraguai (6,1%), Uruguai (3,8%) e Argentina (19,1%) e ocupando área de 1,2 milhões de km² (OEA, 2009 *apud* ALBUQUERQUE FILHO, 2011).

Alguns estudos, tais como o de Barbosa *et al.* (2011), demonstraram que o Aquífero Guarani vem sofrendo um processo difuso de contaminação em sua área de afloramento no Estado de São Paulo, que se caracteriza por terrenos naturalmente vulneráveis à infiltração de contaminantes e solos arenosos, friáveis e permeáveis. De acordo com o estudo, o avanço do uso da terra para as atividades agrícolas que utilizam agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas e formicidas – compostos que apresentam grande mobilidade na água subterrânea), como, por exemplo, cana de açúcar, café, cítricos e milho, configura o principal fator gerador de contaminação sobre as águas subterrâneas deste aquífero.

Barbosa *et al.* (2011) também enfatizaram a necessidade de ampliação do conhecimento hidrogeológico relacionado ao Aquífero Guarani, dos aspectos de uso e ocupação do solo nos terrenos correspondentes às áreas de afloramento e também o monitoramento contínuo da qualidade da água, pois os resultados do estudo demonstraram que a vulnerabilidade à contaminação varia de média a alta.

Hirata, Zoby & Oliveira (2010) listaram alguns compostos provenientes de atividades urbanas e rurais, que são capazes de gerar cenários de contaminação nos aquíferos brasileiros. São eles: nitrato (reflexo da falta de sistemas de esgotamento sanitário em diversos municípios e da aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados em áreas agrícolas); combustíveis líquidos derivados do petróleo (vazamentos em tanques de armazenamento dá origem à pluma de contaminação); metais pesados e solventes clorados (muito comuns em diferentes atividades industriais); chorume (líquido resultante da decomposição da matéria orgânica presente em resíduos sólidos domésticos, que apresenta alto potencial poluidor); vírus e bactérias.

Ainda no que diz respeito à contaminação das águas do Aquífero Guarani, outras medidas, de acordo com Barbosa *et al.* (2011), capazes de assegurar a não progressão dos processos difusos de contaminação e a consequente inviabilização da utilização das águas subterrâneas provenientes deste aquífero para fins diversificados são: caracterização detalhada do perigo de contaminação (identificação de locais que podem sofrer contaminação das águas com mais facilidade); iniciativas de planejamento e ordenamento do território, voltadas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo, principalmente nas áreas de recarga; implantação e manutenção de vegetação no entorno e ao longo de áreas de recarga, a qual além de facilitar a recarga do aquífero pelas águas da precipitação, funciona como um filtro natural na retenção de poluentes e contaminantes.

5.7 Materiais inconsolidados

Os materiais inconsolidados podem ser segregados em dois grandes grupos: materiais retrabalhados e materiais residuais.

Os materiais retrabalhados são resultantes da decomposição das rochas que sofreram algum tipo de transporte ou mobilização. Os materiais residuais são aqueles que não sofreram nenhum transporte ou retrabalhamento após a decomposição da rocha de origem.

Nesse contexto, os tipos de materiais inconsolidados verificados ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a partir dos mapeamentos geológico-geotécnicos desenvolvidos por Zuquette (1981), Aguiar (1989) e Muro (2000), são:

- Cobertura Residual da Formação Adamantina;
- Cobertura Residual da Formação Serra Geral;
- Residual Intrusivas Básicas;
- Cobertura dos Sedimentos Arenosos I;
- Retrabalhado Arenoso I;
- Retrabalhado Arenoso II;
- Retrabalhado Coluvionar;
- Retrabalhado Botucatu;
- Aluvião;
- Afloramento de Rocha Sedimentar.

Os materiais inconsolidados que são classificados como Cobertura Residual da Formação Adamantina ocorrem nos vales dos córregos, em altitudes menores que 800 metros. Estes materiais possuem mais de 50% de seus grãos menores que 0,074 milímetros. São de coloração avermelhada, possuem espessura maior que 1 metro e apresentam altos valores de plasticidade (Zuquette, 1981). Dados geotécnicos dessa unidade mostram que a areia fina é o principal constituinte (em torno de 60%), seguido da areia média (de 2 a 20 %), silte (de 5 a 28%) e argila (de 10 a 63,5%). O coeficiente de permeabilidade (K_{20}) deste tipo de material inconsolidado varia desde 10^{-5} a 10^{-2} cm/s (MURO, 2000).

Os materiais inconsolidados que são classificados como Cobertura Residual da Formação Serra Geral podem ser encontrados em diversas localidades, tais como: a) em encostas de inclinação bastante acentuada, onde possuem pequena espessura e se apresentam com restos (fragmentos) da rocha mãe em quantidades apreciáveis; b) em áreas planas, com espessuras mais acentuadas e sem restos (fragmentos) da rocha mãe. Estes materiais encontram-se na faixa granulométrica menor que 0,074 milímetros e são bastante colapsíveis quando a umidade é elevada (Zuquette, 1981). As proporções referentes às diferentes frações granulométricas que compõem estes materiais inconsolidados são: areia fina entre 10 a 35%, silte entre 20 a 45% e argila entre 25 a 60%. O coeficiente de permeabilidade (K_{20}) gira em torno de 10^{-6} a 10^{-3} cm/s, diminuindo com a profundidade no perfil (MURO, 2000).

Os materiais inconsolidados que são classificados como Cobertura dos Sedimentos Arenosos I são encontrados em quase toda a porção norte da área de estudo e possuem a areia fina como a fração granulométrica predominante, com quantidades significativas das frações silte e argila. A coloração destes materiais varia entre amarelado e avermelhado e a espessura entre 50 centímetros e 5 metros. Existe uma variação na quantidade de material fino, que é mais acentuada no sentido horizontal do que no vertical. A plasticidade também apresenta variação. Tais materiais recobrem partes das formações geológicas Botucatu, Serra Geral e Bauru e também pode-se verificar a ocorrência de uma camada de seixos entre as formações geológicas e a própria cobertura de material inconsolidado (Zuquette, 1981). Estes materiais inconsolidados, que no trabalho de Aguiar (1989) são classificados como Material Retrabalhado Arenoso III, apresentam o seguinte intervalo de permeabilidade: de 10^{-2} cm/s a 10^{-3} cm/s (AGUIAR, 1989).

Os materiais inconsolidados do tipo Retrabalhado Arenoso I recobrem os materiais residuais da Formação Botucatu, possuem contribuição das unidades Serra Geral e Bauru e são predominantemente arenosos. Também se caracterizam por apresentar certa homogeneidade ao longo do perfil e suas drenagens superficiais não são frequentes, aparecendo, muitas vezes, voçorocas (ex.: voçorocas que podem ser verificadas na região do córrego da Água Quente). A coloração deste tipo de material varia de amarelada a avermelhada e a fração granulométrica predominante é a areia fina (60 a 80%), com areia média em torno de 5 a 25% e argila chegando a 10%. O coeficiente de permeabilidade (K_{20}) destes materiais é de aproximadamente 10^{-3} cm/s (MURO, 2000).

Os materiais inconsolidados do tipo Retrabalhado Arenoso II estão associados aos magmatitos básicos. Apresentam maiores teores de finos com expressiva quantidade de areia proveniente dos arenitos da Formação Botucatu. Neste tipo de material inconsolidado, a fração argila varia de 15 a 40% e apresenta coloração que varia de avermelhada a amarelada. Do ponto de vista mineralógico, a fração areia contém quartzo, magnetita e ilmenita; a fração argila é composta por caulinita, gibbsita e óxidos de Ferro (Muro, 2000). O coeficiente de permeabilidade (K_{20}) varia de 10^{-5} a 10^{-3} cm/s ou maior (10^{-2} cm/s) (AGUIAR, 1989 *apud* MURO, 2000).

Os materiais inconsolidados do tipo Retrabalhado Coluvionar são provenientes das encostas do basalto, onde ocorre a mistura com areias do Botucatu. Apresentam coloração avermelhada e espessura que varia entre 10 e 20 metros. As áreas de

ocorrência deste tipo de material inconsolidado caracterizam-se por grande instabilidade, ocasionada por fatores como, por exemplo, ação antrópica. Ao longo do perfil a granulometria é variada. Em alguns pontos descritos observou-se argila e em outros pontos areia fina argilosa (Muro, 2000). O coeficiente de permeabilidade (K_{20}) gira em torno de 10^{-4} cm/s (AGUIAR, 1989).

Os materiais inconsolidados do tipo Aluvionares (Aluvião) ocupam as porções mais baixas dos vales, nos fundos de vales e nas proximidades dos leitos dos rios e córregos. São materiais depositados pela ação dos rios e por enxurradas, que possuem grandes quantidades de matéria orgânica e coloração escura. Materiais sedimentares de granulação fina e argila também fazem parte da composição destes materiais inconsolidados. Manchas de tons claros também podem ser observadas. De acordo com Aguiar (1989), estes materiais inconsolidados caracterizam-se por apresentarem coeficiente de permeabilidade (K_{20}) superior a 10^{-3} cm/s.

Os materiais inconsolidados do tipo Retrabalhado Botucatu são originados a partir dos materiais arenosos provenientes da Formação Botucatu, cujas rochas sofreram algum tipo de transporte ou mobilização. São materiais fortemente retrabalhados por abrasão seletiva em clima semiárido e árido de ambiente desértico.

Na porção da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho onde são verificados afloramentos de rochas sedimentares, as mesmas afloram e tornam-se expostas, podendo ser visualizadas rente à superfície.

No Anexo 02 encontram-se os resultados dos ensaios de caracterização dos materiais inconsolidados realizados por Muro (2000) para o município de São Carlos (SP), incluindo dados amostrados e descritos por Zuquette (1981) para a região de São Carlos (SP) e dados amostrados e descritos por Nishiyama (1991) para a quadrícula de São Carlos (SP).

5.8 Pedologia

De acordo com Souza, Santos & Palhares (2000), os tipos de solos presentes ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são (Figura 23):

- Latossolos, com destaque para o Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo;
- Areias Quartzosas Profundas;
- Solos Litólicos;

- Solos Hidromórficos;
- Terra Roxa Estruturada.

De maneira geral, os Latossolos encontram-se em regiões de relevo mais suave, sendo solos muito velhos, com horizonte extremamente intemperizado e que apresentam drenagem de moderada a boa. A espessura mínima dos Latossolos é de 30 centímetros, variando, mais frequentemente, entre 1,5 e 4 metros.

Segundo Souza, Santos & Palhares (2000), na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho existem alguns tipos de Latossolos que são originados a partir de diversos materiais geológicos, sendo os mesmos subdivididos com base em seus teores relativos de Ferro (Fe). São eles: Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo. O Latossolo Vermelho-Amarelo é originado a partir de sedimentos cenozóicos arenosos, inconsolidados e retrabalhados; o Latossolo Vermelho-Escuro pode ser originado a partir de sedimentos cenozóicos arenosos ou finos, inconsolidados e retrabalhados; o Latossolo Roxo, por sua vez, é originado a partir de rochas eruptivas básicas, sendo um solo muito profundo, de textura argilosa ou muito argilosa, com pouca areia grossa e elevados teores de Fe_2O_3 e TiO_2 no perfil.

As Areias Quartzosas Profundas são também conhecidas como Regossolos. Caracterizam-se, em geral, por serem solos arenosos, constituídos por aproximadamente 80% de areia e 15% de argila. Do ponto de vista mineralógico há predominância de quartzo. A coloração varia de amarelo a vermelho, sendo solos profundos, com alta permeabilidade e baixa fertilidade (Souza, Santos & Palhares, 2000). Na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, este tipo de solo apresenta-se como Areia Quartzosa Profunda originada a partir de sedimentos cenozóicos arenosos, inconsolidados e retrabalhados dos arenitos Botucatu.

Os Solos Litólicos caracterizam-se por serem solos imaturos, com pequeno desenvolvimento de perfil, rasos e com estreita camada de material terroso sobre a rocha. A textura destes solos é bastante variável, sendo muito pedregosos e bastante permeáveis (SOUZA, SANTOS & PALHARES, 2000).

Com relação aos Solos Hidromórficos, na área da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, os mesmos apresentam-se com diferentes texturas e porcentagens de matéria orgânica. Estes solos ocupam as partes depressionais da paisagem (áreas sujeitas a processos de inundação), possuem na superfície espessa camada de matéria orgânica, composta por folhas, galhos, gravetos, etc., de coloração escura e em processo de decomposição e desenvolvem-se em condições de excesso de água.

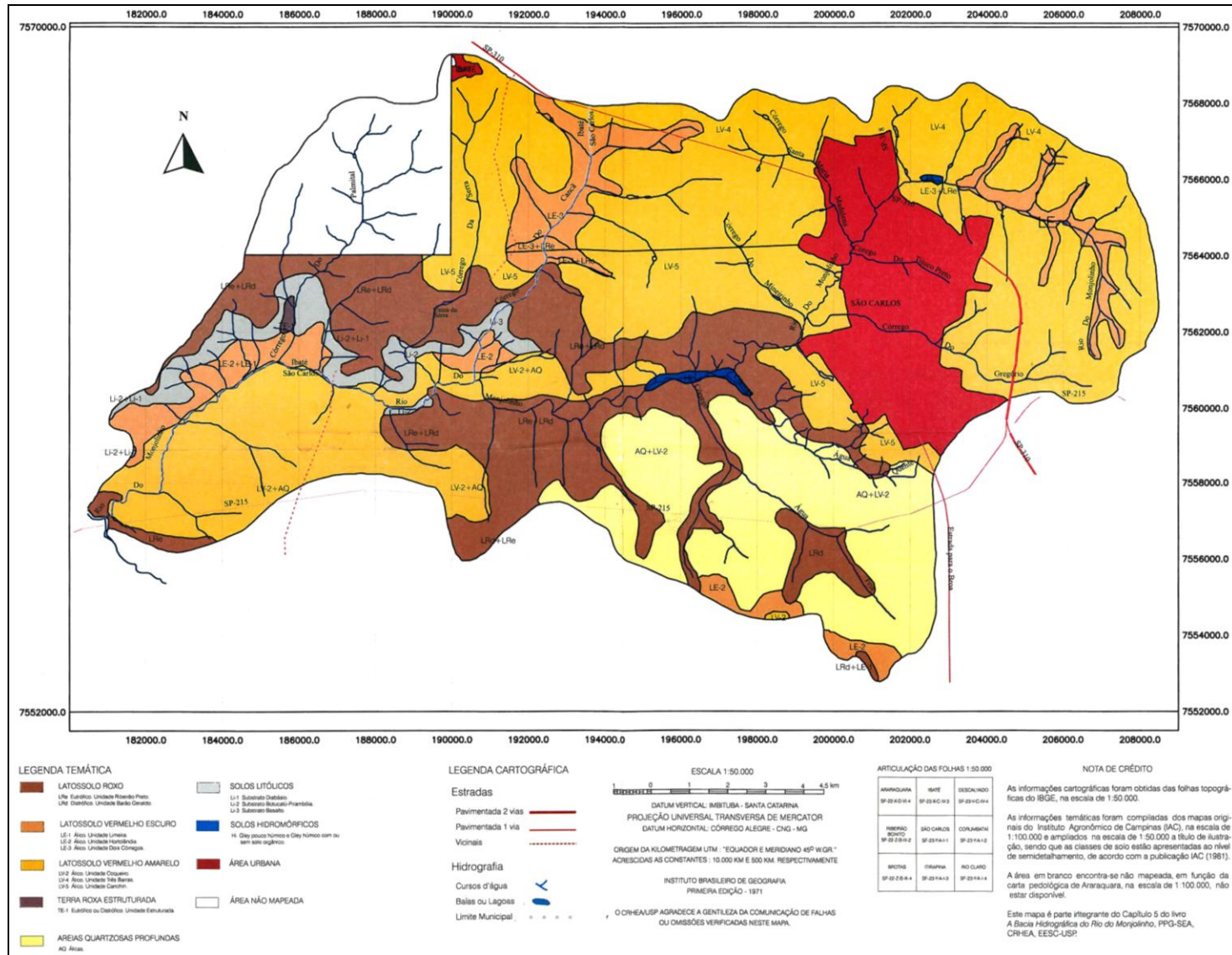


FIGURA 23: Mapa Pedológico Semidetalhado da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho (São Carlos, SP), na escala de 1:50.000. Fonte: Espindola (2000).

Com relação à Terra Roxa Estruturada, também conhecida como Nitossolo Vermelho, pode-se afirmar que são solos originados a partir de rochas básicas ricas em minerais ferromagnesianos e caracterizam-se por serem bem drenados e por apresentarem coloração arroxeada (SOUZA, SANTOS & PALHARES, 2000).

5.9 Vegetação

De acordo com Silva, Abdon & Paranaguá (2000), as formações vegetacionais de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são:

- Floresta Estacional Semidecidual Submontana (mata);
- Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (mata ciliar);
- Savana Florestada (Cerradão);
- Savana Arborizada (Cerrado);
- Capoeiras.

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana (mata) corresponde à vegetação das escarpas da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Esta vegetação está condicionada pela dupla estacionalidade climática, sendo uma tropical com intensas chuvas de verão seguida por estiagens acentuadas e outra subtropical sem período seco, porém com seca fisiológica provocada pelo frio de inverno com temperaturas inferiores a 15°C. É constituída por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (pêlos ou catafilos), tendo folhas adultas esclerófilas ou membranáceas decíduais. A principal espécie que caracterizava esta formação vegetacional era a *Aspidosperma polyneura* (peroba-rosa) (SILVA, ABDON & PARANAGUÁ, 2000).

A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial pode ser reconhecida como mata de galeria ou mata ciliar e ocorre ao longo de cursos d'água. Caracteriza-se basicamente por uma formação florestal ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais quaternárias (Silva, Abdon & Paranaguá, 2000). Na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, inúmeras áreas de mata ciliar foram sendo removidas ao longo do rio principal e de seus tributários, em função do desenvolvimento urbano de São Carlos (SP) e da expansão das fronteiras agrícolas.

A Savana Florestada (Cerradão) corresponde a um subgrupo de formação com fisionomia típica e característica, restrita às áreas areníticas lixiviadas com solos profundos. As espécies arbóreas características desta formação vegetacional apresentam entre 8 e 12 metros de altura, dossel florestal fechado, e as principais representantes são:

Caryocar brasiliense (pequi), *Salvertia convallariodora* (pau-de-colher), *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preta), *Anadenanthera peregrina* (angico-preto), *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) e *Qualea parviflora* (pau-terra-de-folhas-miúdas) (SILVA, ABDON & PARANAGUÁ, 2000).

A Savana Arborizada (Cerrado) corresponde a um subgrupo de formação natural ou antropizado que caracteriza-se por apresentar fisionomia nanofanerofítica rala e hemicriptofítica graminóide contínua, sujeita ao fogo anual. Há espaços entre as espécies arbóreas e as mesmas apresentam aproximadamente 5 metros de altura, casca grossa (adaptação ao fogo), folhas coriáceas e troncos e galhos tortuosos. Neste tipo de vegetação dois estratos podem ser visualizados e distinguidos: um arbustivo-arbóreo descontínuo e outro herbáceo-subarbustivo contínuo. A espécie dominante nesta formação vegetal é a *Stryphnodendron adstrigens* (barbatimão) (SILVA, ABDON & PARANAGUÁ, 2000).

As Capoeiras, por sua vez, correspondem a áreas em processo de sucessão ecológica e basicamente caracterizam-se por vegetação secundária composta por gramíneas e arbustos esparsos.

Ainda em relação à vegetação, ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho também pode-se verificar fragmentos reflorestados com espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* e grandes áreas de pastagem e de cultivo de cana de açúcar que reduziram significativamente, ao longo dos anos, as áreas de vegetação nativa.

5.10 Limnologia e qualidade da água

O crescimento acelerado das populações humanas e da produção industrial e a intensificação de determinadas atividades agrícolas tem gerado um aumento significativo das cargas poluidoras.

Entre os ecossistemas, os aquáticos são os que acabam de uma forma ou de outra servindo como receptáculos temporários ou finais de grande variedade e quantidade de poluentes e contaminantes provenientes dessas atividades. Os ecossistemas aquáticos, de maneira geral, refletem os processos que ocorrem na bacia hidrográfica como um todo.

Durante muitos anos, o rio do Monjolinho, principal córrego da bacia hidrográfica objeto do presente estudo, recebeu contribuições diretas de águas residuárias, tais como esgotos sanitários e efluentes oriundos de atividades industriais diversificadas (papel, alimentos, tintas, etc.) não tratados, de lodo solubilizado

proveniente da lavagem dos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de São Carlos (SP) (Figuras 24 e 25), de fertilizantes e pesticidas provenientes de atividades agrícolas, que culminaram em alterações nas variáveis limnológicas (demanda bioquímica de oxigênio – DBO, demanda química de oxigênio – DQO, nitrogênio, fósforo, pH, nitrito, nitrato, óleos e graxas, metais, etc.) deste sistema aquático e na qualidade da água.



FIGURA 24: Procedimento de lavagem do decantador da Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP), visando a remoção de lodo decantado. Fonte: Prof. Dr. João Sergio Cordeiro.



FIGURA 25: Despejo de lodo solubilizado, proveniente dos procedimentos de lavagem dos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP), nas águas do rio do Monjolinho. Fonte: Prof. Dr. João Sergio Cordeiro (1992).

A degradação da qualidade da água dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho também acentuou-se em função do crescimento da cidade de São Carlos (SP), das diferentes formas de uso e ocupação do solo que se instalaram ao longo

da bacia e da inexistência, durante vários anos, de um sistema de tratamento de esgotos no município de São Carlos (SP).

Somente a partir da intensificação das discussões acerca das questões ambientais e da fiscalização por parte de órgãos ambientais, como, por exemplo, CETESB (Companhia Ambiental de São Paulo), é que algumas atividades industriais, localizadas na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, começaram a tratar seus resíduos e lidar com a disposição final adequada dos mesmos, minimizando os processos de poluição e contaminação a que os córregos dessa bacia estavam submetidos.

Apesar disso, foi somente no final do ano de 2008 que o município de São Carlos (SP) começou a tratar da maior parte de seu esgoto sanitário. Neste ano, o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto – autarquia municipal) entregou ao município sua Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Monjolinho, cujo projeto foi executado com recursos financeiros provenientes do governo federal.

Com o propósito de caracterizar as condições ambientais da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, inúmeros estudos foram sendo desenvolvidos ao longo dos anos. Estes estudos, de maneira geral, abrangeram: qualidade da água da bacia, incluindo suas nascentes; toxicidade de sedimentos; estrutura das comunidades aquáticas (fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna); mudanças nas comunidades aquáticas em decorrência da poluição e da contaminação; ensaios ecotoxicológicos; etc.

Um estudo limnológico realizado na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi o desenvolvido por Marinelli *et al.* (2000), cujo objetivo foi avaliar as condições dos recursos hídricos do rio do Monjolinho, analisando variáveis físicas, químicas e biológicas que determinam a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos e utilizando organismos (macroinvertebrados bentônicos) como indicadores de condições ambientais nos diferentes biótopos ao longo do gradiente longitudinal deste sistema aquático.

Um dos principais resultados desse trabalho mostrou que as principais funções de força que determinaram as condições das águas do rio do Monjolinho, que em diversos pontos de coleta apresentaram um quadro significativo de degradação, são: lançamento *in natura* de esgotos sanitários e de efluentes industriais, reflexo do processo de urbanização do município de São Carlos (SP); remoção da vegetação nativa (desmatamento), incluindo as matas ciliares; expansão de atividades agrícolas, com destaque para a cana de açúcar; urbanização na área de entorno do rio do Monjolinho.

O estudo também apresentou propostas para minimizar o cenário de degradação ambiental verificado ao longo do rio do Monjolinho: identificação e quantificação das fontes poluidoras de metais pesados e nutrientes na rede de drenagem; elaboração e aplicação de um sistema de monitoramento eficiente da qualidade da água e do sedimento, integrado à bacia hidrográfica; desenvolvimento de métodos e instalação de equipamentos de tratamento de efluentes industriais nas indústrias que ainda não o realizam.

Campagna *et al.* (2008) realizaram um estudo na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente ao longo do curso do rio do Monjolinho, o qual teve como objetivo avaliar a toxicidade dos sedimentos, por meio de bioensaios laboratoriais de toxicidade crônicos parciais com exemplares juvenis de duas espécies de peixes – *Danio rerio* e *Poecilia reticulata*.

Nesse estudo foram realizadas análises histológicas de brânquias (estrutura respiratória) dos organismos para a detecção de possíveis efeitos deletérios que antecedem a mortalidade.

Nos seis pontos amostrados, que incluíram região a montante do perímetro urbano de São Carlos (SP), região do perímetro urbano de São Carlos e região a jusante do perímetro urbano de São Carlos, foram verificadas alterações nas brânquias dos organismos (hiperplasia, fusão de lamelas secundárias e dilatação de vasos sanguíneos), sendo que no Ponto 2 (região do perímetro urbano de São Carlos) foram observadas lesões mais acentuadas (CAMPAGNA *et al.*, 2008).

A análise biométrica de exemplares das duas espécies de peixes expostos a amostras de sedimento demonstrou condições inadequadas para o crescimento e desenvolvimento em todo o ambiente estudado (CAMPAGNA *et al.*, 2008).

Os sedimentos apresentaram maior toxicidade no período de chuvas, sendo estes resultados confirmados a partir de análises histológicas de brânquias dos organismos expostos, as quais demonstraram lesões mais significativas neste período. Tal situação decorre de impactos ambientais antrópicos diversificados aos quais o ecossistema aquático em questão encontra-se submetido: despejo de esgotos sanitários, industriais e agrícolas (fertilizantes, pesticidas e herbicidas) (CAMPAGNA *et al.*, 2008).

Ainda em relação à toxicidade, Chiba *et al.* (2011) efetuaram um estudo sazonal de contaminação por metais pesados nas águas e nos sedimentos de córregos

pertencentes ao município de São Carlos (SP), localizados em áreas naturais, urbanas e agrícolas.

As coletas de amostras de água e de sedimento foram realizadas em um total de 26 pontos, sendo a maior parte delas em córregos pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho – rio do Monjolinho, córrego do Gregório, córrego do Espriado, córrego Santa Maria Madalena, córrego do Tijuco Preto e córrego da Água Quente.

As épocas de coleta foram os meses de fevereiro e março de 2008 (período chuvoso) e setembro de 2008 (período de seca).

Todas as amostras coletadas foram analisadas através do método de extração e análise de metais estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), adaptado e operacionalizado através de espectrofotometria de absorção atômica.

Como resultado do trabalho, a aplicação de método estatístico – Análise de Discriminante – demonstrou que existem diferenças sazonais significativas na distribuição dos metais pesados encontrados nas amostras de água, porém o mesmo não acontece para as amostras de sedimento, nas quais não são verificadas diferenças sazonais (CHIBA *et al.*, 2011).

No período de chuvas foram verificadas altas concentrações de Cromo, Níquel, Chumbo e Cádmiio nas amostras de água, enquanto que, no período de seca, foram verificadas altas concentrações de Zinco e Níquel (CHIBA *et al.*, 2011).

A Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrou que as estações do ano têm grande influência na concentração, no tipo e na distribuição dos metais pesados detectados nas amostras de água coletadas nos córregos citados (CHIBA *et al.*, 2011).

As principais fontes de contaminação associadas aos resultados obtidos nesse estudo foram, provavelmente, difusas – disposição final inadequada de produtos como, por exemplo, baterias e lâmpadas fluorescentes, que pode gerar cenários de contaminação nos córregos no período de chuvas, em função da lixiviação de contaminantes. As elevadas concentrações de Zinco, verificadas nas amostras de água no período de seca, podem ser justificadas pelas queimadas decorrentes das colheitas de cana de açúcar (CHIBA *et al.*, 2011).

Outro estudo realizado na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi o desenvolvido por Souza (2011), cujo objetivo foi avaliar a qualidade ambiental das nascentes (olhos d'água) do rio do Monjolinho situadas a montante da Estação de captação de água do córrego do Espriado.

Para o desenvolvimento do trabalho foram efetuadas coletas de água e de material biológico no rio do Monjolinho e em alguns de seus afluentes (córregos Jatobá, Douradinho, São Rafael, Cascavel, Ponte de Tábua, Martinha, Belvedere e Espreado), em dois períodos climáticos contrastantes: chuvoso e seco, entre os anos de 2009 e 2010.

Foram executadas análises físico-químicas na água e no sedimento, ensaios ecotoxicológicos com exemplares dos microcrustáceos *Ceriodaphnia silvestrii* e *Hyaella meinerti* e análises das comunidades aquáticas de macroinvertebrados bentônicos e de algas diatomáceas. Estas últimas foram analisadas, visando avaliar a qualidade ambiental de todos os pontos de coleta.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos demonstraram que a água do córrego São Rafael e os sedimentos do rio do Monjolinho e dos córregos Cascavel, Ponte de Tábua e São Rafael, em diferentes pontos de coleta e períodos amostrais, apresentaram certa toxicidade à biota aquática (SOUZA, 2011).

As análises realizadas com as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e de algas diatomáceas evidenciaram diferenças marcantes na qualidade ambiental entre as nascentes e afluentes das margens direita e esquerda do rio do Monjolinho, em decorrência de alguns fatores como, por exemplo, remoção da vegetação ciliar ou mesmo das formas de uso e ocupação do solo – urbanização e atividades agropecuárias (SOUZA, 2011).

As ações de recuperação da nascente do Córrego São Rafael realizadas pela Prefeitura Municipal de São Carlos não resultaram em melhor qualidade ambiental, uma vez que elevado nível de contaminação foi verificado (SOUZA, 2011).

As nascentes dos córregos Belvedere e Ponte de Tábua, bem como a foz deste último córrego, foram os locais onde se registrou maior grau de impacto (SOUZA, 2011).

Uma maneira de se avaliar a qualidade da água em ecossistemas aquáticos lóticos consiste na análise da comunidade de algas diatomáceas, incluindo as diatomáceas episêmicas, que são organismos compostos por uma única célula ou mesmo coloniais pertencentes ao Filo Bacillariophyta e que possuem uma carapaça silicosa.

Nos ecossistemas aquáticos lóticos (córregos), a estrutura das comunidades de diatomáceas é influenciada por vários fatores, tais como: química da água, tipo de substrato, velocidade da corrente, luz, herbivoria e temperatura. A maior parte destes

fatores está diretamente relacionada ao clima, geologia, topografia e às formas de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas (BERE & TUNDISI, 2010).

Neste sentido, Bere & Tundisi (2010) desenvolveram um estudo em córregos pertencentes ao município de São Carlos (SP) e inseridos na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (rio do Monjolinho, córrego do Gregório e córrego da Água Quente), que teve como objetivo avaliar as comunidades de algas diatomáceas episêmicas em relação aos fatores ambientais. As diatomáceas episêmicas são organismos que crescem sobre a areia e possuem grande importância ecológica na estrutura e funcionamento dos sistemas lóticos.

As amostragens de água e de diatomáceas episêmicas foram realizadas em um total de sete localidades: dois pontos de coleta na região das cabeceiras dos córregos, dois pontos de coleta ao longo da área urbana de São Carlos e três pontos de coleta distribuídos a jusante da área urbana.

Como resultado do estudo, verificou-se, com base em diversos parâmetros (ex.: pH, condutividade, nutrientes, oxigênio dissolvido, etc.), que a qualidade da água tende a deteriorar-se a jusante, pelo fato de que os córregos analisados têm sofrido influência da área urbana de São Carlos, recebendo despejos de efluentes tratados e não tratados, bem como a contribuição de fontes difusas de poluição – descarga urbana (BERE & TUNDISI, 2010).

Com relação às diatomáceas episêmicas, foi registrado um total de 112 espécies pertencentes a 44 gêneros, distribuídos nas famílias: Achnanthaceae, Bacillariaceae, Eunotiaceae, Cymbellaceae, Naviculaceae, Rhoicospheniaceae, Fragilariaceae, Melosiraceae, Rhopalodiaceae e Surirellaceae (BERE & TUNDISI, 2010).

Não houve diferença significativa na riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade entre os sete locais de amostragem, embora verificou-se uma tendência geral de serem maiores em locais relativamente menos poluídos do que em relação a locais de amostragem altamente degradados pela poluição (BERE & TUNDISI, 2010).

Nos pontos de amostragem situados a montante, relativamente menos poluídos, foram encontradas espécies como: *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira granulata*, *Cymbopleura naviculiformes*, *Eunotia bilunaris*, *Fragilaria capucina* e *Gomphonema angustatum* (BERE & TUNDISI, 2010).

Nos pontos de amostragem situados a jusante, grandemente impactados, foram encontradas espécies como: *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia palea*, as quais toleram níveis de poluição elevados, e *Sellaphora pupula* (BERE & TUNDISI, 2010).

Com o aumento da degradação ambiental, espécies com baixa tolerância aos poluentes como, por exemplo, *Eunotia bilunaris*, *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira granulata* e *Cymbopleura naviculiformes* foram substituídas por espécies de maior tolerância à poluição como, por exemplo, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia palea*, *Nupela praecipua*, *Rhoicosphenia abbreviata* e *Sellaphora pupula* (BERE & TUNDISI, 2010).

Ainda em relação às comunidades de diatomáceas, Bere (2011) desenvolveu outro estudo na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho que teve como um de seus objetivos demonstrar os efeitos da seleção de substrato, da eutrofização, da poluição orgânica, da força iônica, dos padrões de uso e ocupação do solo e da contaminação por metais pesados sobre as comunidades bentônicas de algas diatomáceas.

Para o desenvolvimento do trabalho foram coletadas amostras de material biológico e também amostras de água visando a determinação de parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, nitrogênio total, fósforo total, pH, nitrito, nitrato, íons, metais, etc.). Ao todo foram realizadas quatro amostragens, sendo duas em setembro e outubro de 2008 e duas em maio e junho de 2009, em um total de 10 pontos de amostragem (Figura 26).

Os pontos de amostragem foram estabelecidos ao longo do rio do Monjolinho e de seus tributários: quatro pontos (1, 2, 3 e 7) em regiões de cabeceiras relativamente menos impactadas e situadas em áreas com atividades agrícolas e florestadas; três pontos (4, 5 e 6) na área urbana de São Carlos (SP), com níveis moderados de poluição; três pontos (8, 9 e 10) a jusante da área urbana, com níveis elevados de poluição. Esta distribuição dos pontos de amostragem foi efetuada com o objetivo de se obter um gradiente de poluição – desde as cabeceiras relativamente não poluídas, passando pela área urbana de São Carlos (SP) com níveis moderados de poluição, até as áreas a jusante da área urbana com altos níveis de poluição.

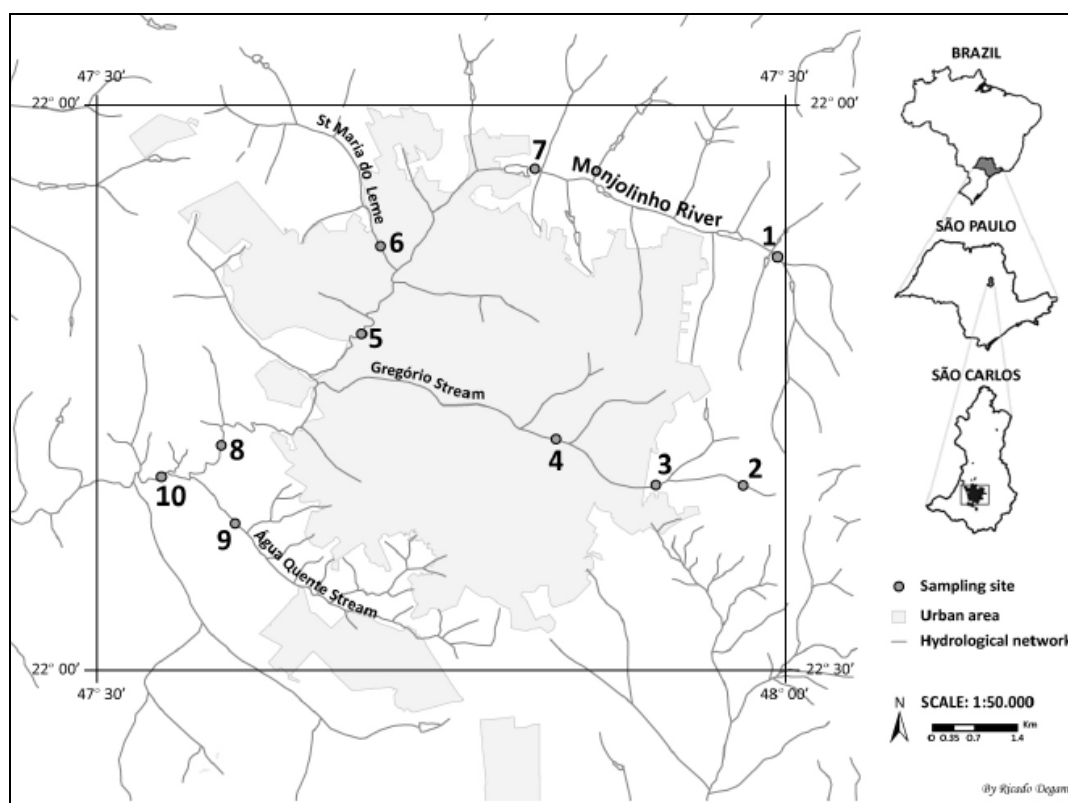


FIGURA 26: Pontos de amostragem analisados por Bere (2011), a montante da área urbana de São Carlos (SP), dentro da área urbana e a jusante. Fonte: Taurai Bere (2011).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, nitrogênio total, fósforo total, nitrito e nitrato para os 10 pontos de amostragem encontram-se na Tabela 1 e demonstram um gradiente decrescente de qualidade da água a partir da área agrícola / florestal até a área urbana e também a jusante da área urbana.

TABELA 1: Valores médios obtidos para os parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade da água em dez pontos de amostragem. Fonte: Taurai Bere (2011).

Pontos de Amostragem & Parâmetros	Cabeceiras				Área Urbana			Jusante da Área Urbana		
	1	2	3	7	4	5	6	8	9	10
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	45	20	53	30	28	89	103	715	322	283
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,3	8,2	7,6	7,2	6,8	6,9	7,6	1,9	2,1	0,4
DBO (mg/L)	0,9	1,0	2,6	1,2	6,9	1,6	7,2	19,5	24,5	26,2
Nitrogênio Total (mg/L)	0,65	0,18	0,24	0,93	1,72	1,29	1,41	38,32	14,87	10,17
Fósforo Total (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,16	0,06	2,97	1,12	0,75
Nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0	0	0	0	423,9	42,4	24,3	884,9	2036,6	3164,9
Nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$)	51,9	195,6	470	98,2	714,8	819,6	745	1141,2	176,5	441,1

As comunidades de algas diatomáceas bentônicas refletiram este gradiente, tendo sido verificadas alterações na composição de espécies conforme os níveis de poluição e contaminação (BERE, 2011).

Deve-se ressaltar que na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho há um reservatório formado pelo represamento do rio do Monjolinho e localizado em área urbanizada no *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), que se caracteriza por ser um ambiente eutrófico.

Em função de sua pequena dimensão e profundidade, baixo tempo de residência, grande influência da precipitação e dos ventos, o reservatório do Monjolinho apresenta grande instabilidade e turbulência que afeta a dinâmica das comunidades aquáticas de fitoplâncton e zooplâncton.

Com o intuito de caracterizar o reservatório do Monjolinho do ponto de vista limnológico, Santos, Cunha-Santino & Bianchini Júnior (2011) realizaram um estudo que descreveu o comportamento de variáveis limnológicas (material em suspensão, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, pH, carbono orgânico e inorgânico, condutividade, nitrogênio orgânico total, nitrato, nitrito, amônio e fósforo total e dissolvido) no reservatório em questão e em seus trechos de rio dentro do *campus* da Universidade Federal de São Carlos.

As coletas de amostras de água foram superficiais e realizadas quinzenalmente em três pontos – Ponto 1 (localizado a montante do reservatório do Monjolinho), Ponto 2 (localizado a montante da barragem do reservatório) e Ponto 3 (localizado a jusante do reservatório).

Com relação aos resultados obtidos, para as variáveis material em suspensão, turbidez, temperatura, carbono orgânico e inorgânico, nitrato, amônio, nitrogênio orgânico total e fósforo total e dissolvido, verificou-se, em função da precipitação, uma variação temporal, ou seja, os maiores valores mensurados para essas variáveis coincidiram com o período de incidência de chuvas. A precipitação, além de ocasionar o revolvimento dos sedimentos de fundo do reservatório, realiza o carreamento de materiais alóctones (materiais de origem externa) para o interior do sistema, aumentando a suspensão de partículas e a disponibilidade de nutrientes na coluna d'água (SANTOS, CUNHA-SANTINO & BIANCHINI JÚNIOR, 2011).

As variáveis oxigênio dissolvido, pH e nitrito apresentaram diferenças no padrão espacial entre os trechos de rio. Os maiores valores de oxigênio dissolvido verificados no Ponto 3 (localizado a jusante do reservatório) – valor médio de 7,15

mg/L – podem ser explicados pela oxigenação das águas que são liberadas do reservatório por intermédio do vertedouro situado na região superficial da barragem. No Ponto 2 (localizado a montante da barragem do reservatório), as concentrações de oxigênio dissolvido verificadas – valor médio de 6,86 mg/L – provavelmente refletiram as demandas geradas pela oxidação da matéria orgânica e as aduções promovidas pela fotossíntese. As menores concentrações de oxigênio dissolvido verificadas no rio do Monjolinho a montante do reservatório – Ponto 1 – possivelmente referiram-se ao menor predomínio dos processos de aeração sobre os processos de oxidação da matéria orgânica aduzida de eventuais fontes difusas (SANTOS, CUNHA-SANTINO & BIANCHINI JÚNIOR, 2011).

Para a variável demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o Ponto 1 apresentou valor médio de 1,79 mg/L, o Ponto 2 valor médio de 3,54 mg/L e o Ponto 3 valor médio de 2,77 mg/L. Os maiores valores verificados no Ponto 2 são indicativos da distinção metabólica entre sistemas lóticos e lênticos e esses valores coincidiram com picos de abundância máxima de fitoplâncton (SANTOS, CUNHA-SANTINO & BIANCHINI JÚNIOR, 2011).

Em síntese, as análises físico-químicas mostraram que, nos três pontos selecionados, as águas apresentaram suas variáveis com valores em conformidade com a legislação, embora o índice de estado trófico aponte o trecho do sistema estudado como eutrófico, de acordo com as concentrações de fósforo total.

Ainda no que diz respeito à limnologia e qualidade da água, um grupo de substâncias que representa um risco potencial futuro para os ecossistemas aquáticos, com destaque para os diferentes corpos d'água que fazem parte da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, são os disruptores endócrinos.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), os disruptores endócrinos podem ser definidos como agentes exógenos que interferem na síntese, secreção, transporte, recepção, ação ou eliminação dos hormônios naturais do corpo, os quais são responsáveis pela manutenção da homeostase (equilíbrio interno), reprodução, desenvolvimento e comportamento. A ação dos disruptores endócrinos nos organismos se dá pelo bloqueio, mimetização, estimulação ou inibição da síntese de hormônios naturais.

Os disruptores endócrinos são compostos bastante utilizados e podem ser encontrados em produtos farmacêuticos (ex.: medicamentos – antibióticos, anti-inflamatórios, anticoncepcionais, etc.), produtos de uso pessoal (ex.: fragrâncias, etc.),

pesticidas, antioxidantes, plásticos, produtos industrializados, tensoativos, etc. Muitos destes compostos entram nos sistemas aquáticos por intermédio dos esgotos sanitários não tratados, são detectados em baixas concentrações (1 parte por milhão – 1 ppm) e o tratamento convencional da água tem grande dificuldade na remoção.

A principal preocupação ecotoxicológica em relação aos disruptores endócrinos refere-se à capacidade de os mesmos afetarem a reprodução e interferirem no desenvolvimento dos organismos aquáticos, com destaque para os cladóceros (zooplâncton), peixes e algas (Reis Filho, 2008). No caso dos peixes, a ação destes compostos sobre os processos reprodutivos e o desenvolvimento, pode, em longo prazo, levar várias populações ao colapso.

Neste sentido, Reis Filho (2008) desenvolveu um estudo no rio do Monjolinho com o intuito de verificar a presença/ausência de substâncias desreguladoras endócrinas, especificamente os hormônios sexuais estrógenos (17β -estradiol, estrona e o hormônio sintético 17α -etinilestradiol).

Para a realização do estudo foram estabelecidos cinco pontos amostrais para a coleta de água e sedimento distribuídos entre a região da nascente, região do perímetro urbano de São Carlos (SP) e região da foz do rio do Monjolinho.

Como resultado do trabalho, foi possível, apesar de as técnicas utilizadas não terem sido as mais avançadas, a detecção do hormônio natural estradiol e, principalmente, do sintético 17α -etinilestradiol em distintos períodos amostrais no rio do Monjolinho. O hormônio sintético 17α -etinilestradiol apresenta certa resistência à degradação microbiana e as maiores concentrações foram obtidas nas amostras de água coletadas nos pontos de amostragem com influência da área urbana de São Carlos, o que pode ser explicado pelo lançamento direto de esgotos sanitários contendo estes compostos no rio do Monjolinho (Reis Filho, 2008). Convém ressaltar que no período em que a pesquisa foi realizada, o município de São Carlos (SP) ainda não realizava o tratamento de seus esgotos sanitários.

5.11 Impactos ambientais

Os principais impactos ambientais que podem ser observados ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, muitos dos quais são resultantes do processo de urbanização de São Carlos (SP) e da expansão de atividades agrícolas, são:

- Disposição final inadequada de resíduos sólidos domésticos em terrenos baldios e em margens de cursos d'água.

- Disposição final inadequada de resíduos de construção e demolição (entulhos) em terrenos baldios, em margens e no interior de cursos d'água.
- Cenários de poluição e de contaminação de cursos d'água, em função do despejo clandestino de esgotos sanitários e de efluentes industriais não tratados. Estes últimos podem conter metais pesados (ex.: cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, etc.).
- Despejo pontual, no rio do Monjolinho, de lodo solubilizado proveniente do procedimento de lavagem dos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) de São Carlos (SP), o qual contribui com os processos de contaminação a que o rio encontra-se submetido.
- Remoção e ocupação de áreas de várzea, que são os leitos naturais de inundação de cursos d'água, principalmente a partir da construção de avenidas marginais em fundos de vale.
- Remoção da vegetação ciliar associada aos córregos da bacia e dos mosaicos de vegetação, em decorrência de atividades urbanas e agrícolas.
- Supressão e não ampliação de áreas verdes urbanas e excesso de compactação e impermeabilização – pavimentação – do solo, acentuando quadros de enchentes e inundações no contexto urbano, os quais são potenciais geradores de prejuízos socioeconômicos (ex.: obstruções no tráfego de veículos, perdas materiais e de vidas humanas). Na região da confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Gregório frequentemente verificam-se episódios de inundações urbanas, com prejuízos econômicos significativos para os estabelecimentos comerciais situados nas imediações.
- Remoção de fragmentos remanescentes de vegetação nativa (ex.: Cerrado, Cerradão, etc.) ao longo da bacia, favorecendo a exposição do solo, a remobilização de materiais inconsolidados e a incidência e progressão de processos erosivos (laminares e lineares – sulcos, ravinas e voçorocas).
- Incidência e progressão de processos erosivos em encostas com declividade acentuada e cuja vegetação original foi removida e também ao longo de margens de cursos d'água (desestabilização de taludes laterais), favorecendo o carreamento de sedimentos e materiais particulados para o interior de canais de drenagem e de cursos d'água.

- Assoreamento do leito dos cursos d'água da bacia a partir da deposição de sedimentos provenientes de processos erosivos, reduzindo a capacidade dos cursos d'água de suportarem acréscimos de vazão. As obras de contenção e de estabilização de margens que vêm sendo efetuadas no rio do Monjolino e no córrego do Gregório também contribuem com a entrada de sedimentos nestes sistemas aquáticos e, conseqüentemente, com o assoreamento dos mesmos.
- Desenvolvimento de atividades minerárias, principalmente extração de areia, em pontos específicos da bacia, as quais são geradoras de áreas degradadas. Neste caso, a degradação pode se manifestar através dos seguintes aspectos: remoção da vegetação nativa, exposição do solo, alterações significativas na paisagem (cavas), incidência de processos erosivos, assoreamento de canais de drenagem, suspensão de materiais particulados, etc.
- Expansão de atividades agrícolas, principalmente o cultivo de cana de açúcar, fazendo com que os remanescentes de vegetação nativa da bacia tornem-se cada vez mais restritos a estreitas faixas ao longo dos cursos d'água de fora do perímetro urbano de São Carlos (SP).
- Ocupação e não preservação de nascentes (olhos d'água), em decorrência da ocupação urbana desordenada e sem planejamento em pontos específicos da bacia.
- Ocupação inadequada, sem planejamento e sem critérios técnicos e regras construtivas de áreas com solos predominantemente arenosos, os quais se caracterizam pela alta susceptibilidade à erosão, e de áreas de afloramento de aquíferos, com destaque para as áreas de afloramento do aquífero Guarani na região do bairro Cidade Aracy em São Carlos (SP).
- Lançamento clandestino de esgotos sanitários contendo resíduos de medicamentos (ex.: antibióticos, anticoncepcionais, etc.) e outros poluentes orgânicos persistentes (POPs) nos córregos da bacia, os quais representam um significativo risco potencial futuro, pelo fato de que o tratamento de água não os remove.
- Lixiviação de poluentes e de nutrientes, com destaque para o nitrogênio e para o fósforo, em córregos pertencentes à bacia, a partir de fontes difusas de poluição. Através destas fontes difusas de poluição, poluentes e nutrientes diversificados entram nos ecossistemas aquáticos da bacia carregados principalmente pelas

águas das chuvas que escoam sobre a superfície dos terrenos – drenagem urbana e rural.

- Lixiviação de pesticidas e herbicidas provenientes de atividades agrícolas, como, por exemplo, cultivo de cana de açúcar, em cursos d'água da bacia, principalmente nos que estão inseridos em áreas rurais (ex.: córrego do Cancã, córrego da Serra, córrego do Palmital, etc.).

Alguns desses impactos ambientais podem ser visualizados através das ilustrações referentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, que encontram-se no Apêndice 01.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Aplicação da abordagem analítica para a elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho

6.1.1 Procedimento metodológico analítico

O procedimento metodológico analítico utilizado para o zoneamento (geo)ambiental da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, voltado para a aptidão ao processo de ocupação urbana, fundamentou-se na concepção de zoneamento (geo)ambiental analítico estabelecida por Zuquette & Gandolfi (2004), com foco nos componentes e atributos do meio físico, e consistiu na elaboração e posterior sobreposição de mapas temáticos básicos representativos de diferentes componentes do meio físico.

As três etapas subsequentes desenvolvidas nesse procedimento metodológico analítico foram:

- Elaboração de mapas temáticos básicos representativos de diferentes componentes do meio físico (Mapa Cadastral, Carta de Declividades, Mapa de Uso e Cobertura do Solo, Mapa de Formações Geológicas de Superfície, Mapa de Materiais Inconsolidados e Mapa de Unidades Aquíferas);
- Elaboração do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho – unidades homogêneas;

- Elaboração da Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho – aptidão ao processo de ocupação urbana – e de acordo com proposta metodológica de Vedovello (2000).

O Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) da bacia é produto da sobreposição e da análise integrada das seguintes informações referentes ao meio físico:

- Formações geológicas de superfície;
- Unidades aquíferas;
- Declividades;
- Formas de relevo;
- Perfis de encostas.

Essa sobreposição e análise integrada permitiram a compartimentação da bacia hidrográfica em unidades homogêneas do ponto de vista geológico-geotécnico.

A Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico é, por sua vez, resultado da avaliação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) – unidades homogêneas – representadas no documento cartográfico anterior, de acordo com cinco componentes geotécnicos: alterabilidade, declividade, espessura do manto de alteração, permeabilidade e tipo de material do manto de alteração.

Essa avaliação das unidades homogêneas com base nesses cinco componentes geotécnicos possibilitou o posterior enquadramento das unidades nas seguintes classes de aptidão ao processo de ocupação urbana:

- Favorável;
- Propícia;
- Pouco favorável;
- Imprópria.

É importante ressaltar que todos os documentos cartográficos produzidos nesse trabalho de zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foram elaborados utilizando-se o *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 9.3.

O diagrama abaixo (Figura 27) sintetiza as principais etapas desenvolvidas no procedimento metodológico analítico, visando a elaboração da Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, voltada para a aptidão ao processo de ocupação urbana.

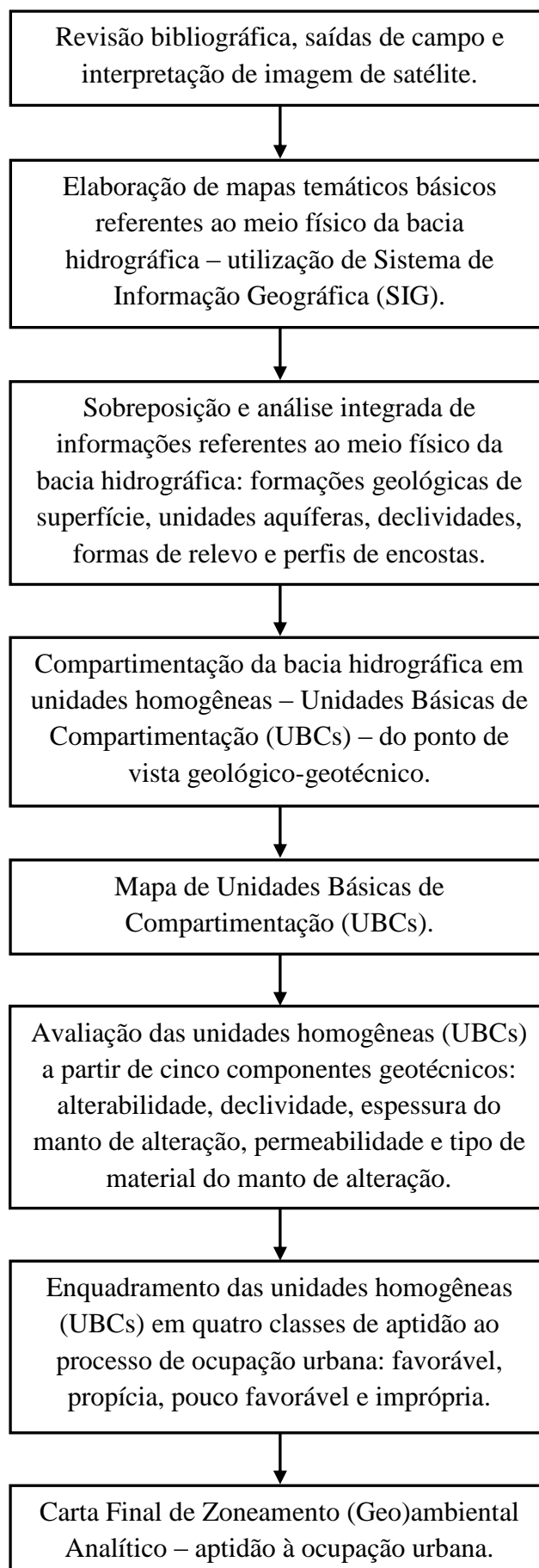


FIGURA 27: Diagrama ilustrativo do procedimento metodológico analítico utilizado no zoneamento (geo)ambiental da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

6.1.2 Mapa Cadastral

O Mapa Cadastral da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi elaborado, inicialmente, a partir de cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000 – folhas de São Carlos (SF-23-Y-A-I-1), Ibaté (SF-23-V-C-IV-3), Araraquara (SF-22-X-D-VI-4) e Ribeirão Bonito (SF-22-Z-B-III-2).

As cartas de São Carlos e Ibaté foram georreferenciadas no *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3 e utilizando-se a referência espacial “Córrego Alegre UTM Zona 23”; as cartas de Araraquara e Ribeirão Bonito foram georreferenciadas no *software* ArcGIS 9.3 e utilizando-se a referência espacial “Córrego Alegre UTM Zona 22”. Neste processo de georreferenciamento das cartas topográficas trabalhou-se com 12 pontos de controle e erro mínimo.

Posteriormente, as duas cartas georreferenciadas utilizando-se a referência espacial “Córrego Alegre UTM Zona 22” tiveram suas referências espaciais convertidas para “Córrego Alegre UTM Zona 23”, utilizando-se o módulo “Project Raster” do *software* ArcGIS 9.3. Isto possibilitou a articulação das quatro cartas.

Após a articulação das cartas topográficas no *software* ArcGIS 9.3, realizou-se a delimitação da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, partindo da foz do rio do Monjolinho, seguindo perpendicularmente as curvas de nível e passando pelos pontos cotados.

Dando sequencia à elaboração do Mapa Cadastral, realizou-se a vetorização de toda a rede hidrográfica da bacia (rio do Monjolinho e todos os seus tributários), de todas as curvas de nível de dentro da bacia, das principais rodovias (SP 215 – Rodovia Dr. Paulo Lauro; SP 310 – Rodovia Washington Luís; SP 318 – Rodovia Engenheiro Thales de Lorena Peixoto Jr.) que passam pela bacia e das linhas de transmissão de energia elétrica. Realizou-se também a marcação de cada um dos pontos cotados de dentro da bacia – as cotas associadas a cada um dos pontos cotados foram dispostas em uma tabela de atributos e o mesmo procedimento foi efetuado para as cotas associadas a cada uma das curvas de nível vetorizadas.

Para a vetorização do perímetro urbano de São Carlos (SP) e de parte do perímetro urbano de Ibaté (SP) utilizou-se imagem de satélite proveniente do satélite Landsat 5 e baixada gratuitamente a partir do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Realizou-se a composição da imagem de satélite baixada a partir de suas sete bandas e utilizando-se o módulo “Composite Bands” do *software* ArcGIS 9.3. Na

sequencia realizou-se o georreferenciamento da imagem de satélite, utilizando-se o módulo “Project Raster” do *software* e a referência espacial “Córrego Alegre UTM Zona 23”. Por fim, realizou-se o recorte da imagem de satélite, considerando-se os limites da bacia em questão e utilizando-se o módulo “Extract By Mask” do *software* e a vetorização do perímetro urbano de São Carlos e de parte do perímetro urbano de Ibaté.

Por último, efetuou-se a plotagem de 34 poços perfurados para exploração de água subterrânea no contexto da bacia em questão e partindo-se de suas coordenadas geográficas UTM. As informações referentes aos poços perfurados, incluindo suas coordenadas geográficas UTM e perfis hidrogeológicos, foram obtidas no Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do município de Araraquara (SP) e encontram-se no Anexo 03.

6.1.3 Carta de Declividades

Para a geração da Carta de Declividades foram necessários os vetores das curvas de nível, da rede hidrográfica e os pontos cotados da bacia, todos estando no sistema de coordenadas geográficas “Córrego Alegre UTM Zona 23”. Foram necessários também os valores das cotas associados às curvas de nível e aos pontos cotados, ambos contidos nas respectivas tabelas de atributos.

Todos esses dados possibilitaram a elaboração do Modelo Numérico do Terreno (MNT) da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, a partir do módulo “Topo to Raster” do *software* ArcGIS 9.3. O Modelo Numérico do Terreno (MNT) transmite ao usuário as características espaciais do terreno.

Posteriormente, utilizando-se o comando “Slope” do *software* ArcGIS 9.3 e o Modelo Numérico do Terreno (MNT) como dado de entrada, gerou-se a Carta de Declividades que contém todas as inclinações da área da bacia.

Por último, a Carta de Declividades gerada foi reclassificada, utilizando-se o módulo “Reclassify” do *software*, em sete classes de declividades, as quais são: 0 – 5%, 5 – 10%, 10 – 15%, 15 – 20%, 20 – 30%, 30 – 45% e >45%.

6.1.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo

O Mapa de Uso e Cobertura do Solo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi elaborado a partir da imagem de satélite atualizada, proveniente do satélite Landsat 5 e obtida gratuitamente do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE), e de três saídas de campo para verificar, in loco, as diferentes formas de uso e cobertura do solo no contexto da bacia.

Baseando-se na imagem de satélite e utilizando-se o *software* ArcGIS 9.3, foram vetorizados polígonos sobre cada uma das diferentes formas de uso e cobertura do solo que também foram conferidas em campo. São elas: perímetro urbano, cana de açúcar, pastagem, reflorestamento, capoeira, vegetação nativa (principalmente ao longo dos cursos d'água de fora do perímetro urbano de São Carlos – SP) e solo exposto (principalmente áreas de solo exposto decorrentes de atividades de mineração – extração de areia).

Deve-se ressaltar que o *Google Earth* também foi utilizado como ferramenta de auxílio na identificação das principais formas de uso e cobertura do solo da bacia.

Partindo-se do polígono referente ao perímetro urbano de São Carlos (SP), os demais polígonos foram traçados utilizando-se a ferramenta “Auto-Complete Polygon” do *software* ArcGIS 9.3. Para cada polígono traçado, associou-se a respectiva forma de uso e cobertura do solo através de uma tabela de atributos.

Por último, para cada conjunto de polígonos associado a cada uma das diferentes formas de uso e cobertura do solo identificadas na bacia foi atribuída uma coloração diferenciada, que culminou no Mapa de Uso e Cobertura do Solo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.

6.1.5 Mapa de Formações Geológicas de Superfície

O Mapa de Formações Geológicas de Superfície da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi elaborado a partir dos seguintes mapeamentos geológico-geotécnicos:

- Mapa de Subtrato Rochoso desenvolvido por Muro (2000) para o município de São Carlos;
- Mapa Geológico da Região de São Carlos elaborado por Zuquette (1981);
- Mapeamento Geológico-geotécnico da Folha de Ribeirão Bonito (ZUQUETTE, S/D);
- Mapa Fotogeológico da Região de São Carlos elaborado por Fiori, Gama Jr. & Caetano (1976), na escala de 1:100.000.

Convém ressaltar que a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi delimitada anteriormente, a partir da articulação das quatro cartas topográficas do IBGE na escala

de 1:50.000 (folhas de São Carlos, Ibaté, Araraquara e Ribeirão Bonito) no *software* de SIG ArcGis 9.3 e durante a elaboração do Mapa Cadastral.

A delimitação e a vetorização do perímetro urbano de São Carlos e de parte do perímetro urbano de Ibaté também foram realizadas anteriormente, a partir da imagem de satélite atualizada proveniente do satélite Landsat 5 e obtida do *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), durante a elaboração do Mapa Cadastral.

No Mapa de Formações Geológicas de Superfície da bacia hidrográfica em questão também foram vetorizados os contatos definidos e inferidos entre as formações geológicas de superfície e as falhas geológicas definidas e indefinidas.

6.1.6 Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi elaborado a partir dos seguintes mapeamentos geológico-geotécnicos:

- Mapa de Materiais Inconsolidados desenvolvido por Muro (2000) para o Município de São Carlos;
- Carta dos Materiais de Cobertura elaborada por Zuquette (1981);
- Mapeamento Geológico-geotécnico da Folha de Ribeirão Bonito (ZUQUETTE, S/D).

Convém ressaltar que a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi delimitada anteriormente, durante a elaboração do Mapa Cadastral.

A delimitação e a vetorização do perímetro urbano de São Carlos e de parte do perímetro urbano de Ibaté também foram realizadas anteriormente, a partir da imagem de satélite atualizada proveniente do satélite Landsat 5 e obtida do *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), durante a elaboração do Mapa Cadastral.

No Mapa de Materiais Inconsolidados da bacia hidrográfica em questão também foram vetorizados os contatos definidos e inferidos entre os diferentes tipos de materiais inconsolidados existentes ao longo de toda a extensão da bacia.

6.1.7 Mapa de Unidades Aquíferas

O Mapa de Unidades Aquíferas da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi elaborado a partir do Mapa de Formações Geológicas de Superfície gerado anteriormente, uma vez que as unidades aquíferas são correspondentes às formações geológicas existentes na área de estudo.

Para a geração do Mapa de Formações Geológicas de Superfície foram necessários, além dos vetores dos perímetros urbanos de São Carlos e de parte de Ibaté e também do limite da bacia hidrográfica do rio do Monjolino, os seguintes mapeamentos geológico-geotécnicos:

- Mapa de Substrato Rochoso desenvolvido por Muro (2000) para o município de São Carlos;
- Mapa Geológico da Região de São Carlos elaborado por Zuquette (1981);
- Mapeamento Geológico-geotécnico da Folha de Ribeirão Bonito (ZUQUETTE, S/D);
- Mapa Fotogeológico da Região de São Carlos elaborado por Fiori, Gama Jr. & Caetano (1976), na escala de 1:100.000.

Por fim, para a geração do documento cartográfico representativo das unidades aquíferas da bacia na escala de 1:50.000, efetuou-se, com o auxílio do *software* de SIG ArcGis 9.3, a reclassificação do Mapa de Formações Geológicas de Superfície anteriormente gerado, atribuindo-se a cada uma das formações geológicas de superfície de ocorrência na bacia sua unidade aquífera específica.

6.1.8 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs)

O Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) foi elaborado de acordo com proposta metodológica utilizada por Faleiros (2012). Esta proposta consiste em compartimentar o território da bacia hidrográfica em unidades homogêneas, ou seja, porções da bacia com características e propriedades geológico-geotécnicas semelhantes.

A obtenção das unidades homogêneas ocorre com base na abordagem fisiográfica, seguindo-se os conceitos relacionados à avaliação integrada dos elementos morfoambientais.

Na abordagem fisiográfica, também chamada de abordagem de paisagem, os elementos que integram o terreno são identificados e analisados de maneira integrada, geralmente a partir de Sistemas de Classificação de Terrenos. Estes últimos, por sua vez, baseiam-se na análise de características fisionômicas do terreno, as quais podem ser obtidas a partir da interpretação de fotografias aéreas ou mesmo imagens de satélite, permitindo a identificação das diferentes unidades (associações singulares de componentes ambientais – geomorfologia, geologia, topografia, etc.).

Diante disso, os níveis taxonômicos utilizados para a elaboração desse documento cartográfico e as respectivas condições morfoambientais foram:

- Províncias – referem-se às diferenças fisiográficas de natureza tectônica em nível regional;
- Zonas – correspondem às variações litoestruturais;
- Sub-zonas – consideram as diferenças em termos de formas de relevo;
- Unidades – consideram as variações relativas a associações específicas de rochas, aquíferos e formas ou elementos de relevo como, por exemplo, declividades, formas das encostas, canais, etc.

A primeira etapa operacional desenvolvida no contexto da elaboração desse documento cartográfico consistiu na montagem do modelo tridimensional da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, utilizando-se o *software* ArcScene, o Modelo Numérico do Terreno (MNT), as curvas de nível e respectivas cotas topográficas, a rede hidrográfica da bacia e a imagem de satélite proveniente do satélite Landsat 5 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este modelo tridimensional subsidiou as etapas posteriores de elaboração desse mapa, principalmente no que diz respeito à identificação dos perfis de encostas presentes ao longo da bacia em questão.

A segunda etapa desenvolvida consistiu na reclassificação da Carta de Declividades, utilizando-se o *software* ArcGis 9.3. Esta reclassificação deu origem à carta de formas de relevo e foi elaborada conforme as principais feições geomorfológicas descritas em propostas metodológicas do IPT (1986) e IBGE (1995). Cada uma das formas de relevo utilizada na reclassificação retrata o predomínio de determinadas faixas de amplitude e de declividade e também a densidade e as características das linhas de drenagem. Porém, isto não impede que num dado padrão de forma de relevo possa ocorrer trechos com características de outro padrão, mesmo que em áreas pouco expressivas.

Sendo assim, a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi compartimentada nas seguintes formas de relevo:

- Planícies – caracterizam-se pela predominância de amplitudes entre 40 e 60 metros e declividades inferiores a 5%, sendo que as planícies aluviais (ou aluvionares) correspondem aos terrenos baixos e planos próximos aos cursos d'água (IBGE, 1995) e possuem relação direta com a ocorrência de sedimentos aluvionares (IPT, 1986).

- Colinas – nesta categoria estão agrupados os relevos suavizados com topos amplos e arredondados, encostas levemente sulcadas por linhas de drenagem e vales abertos com planícies aluviais restritas. Caracterizam-se pela predominância de amplitudes da ordem de 40 metros, que podem atingir 80 metros, e faixa de declividades de 5 a 20%.
- Morrotes – caracterizam-se por relevo ondulado com topos relativamente arredondados e localmente achatados, com encostas apresentando densidade de linhas de drenagem variável, sendo maior nas encostas íngremes, com exposições locais de rochas e vales fechados com planícies aluviais restritas. As amplitudes variam entre 60 e 120 metros e as declividades entre 20 e 30%.
- Morros Altos – nesta categoria estão enquadrados os relevos ondulados com topos estreitos e alongados e com vales fechados, apresentando encostas entalhadas com cabeceiras de drenagem. Caracterizam-se por amplitudes que podem chegar a 200 metros e faixa de declividades de 30 a 45%.
- Cuestas – caracterizam-se por relevo de forma alongada resultante do cruzamento de vertentes de acentuada declividade, direcionado ao alinhamento principal do relevo e interrompido, perpendicular ou obliquamente, por selas e colos. Possuem amplitudes que variam entre 200 e 300 metros e declividades maiores que 45%.

A terceira etapa desenvolvida consistiu na realização de duas saídas de campo, com o intuito de se verificar os perfis de encostas existentes ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Esta verificação dos perfis de encostas foi efetuada com base na classificação proposta por Vedovello (2000) (Figura 28): convexo, convexo-côncavo, côncavo e convexo-retilíneo-côncavo.

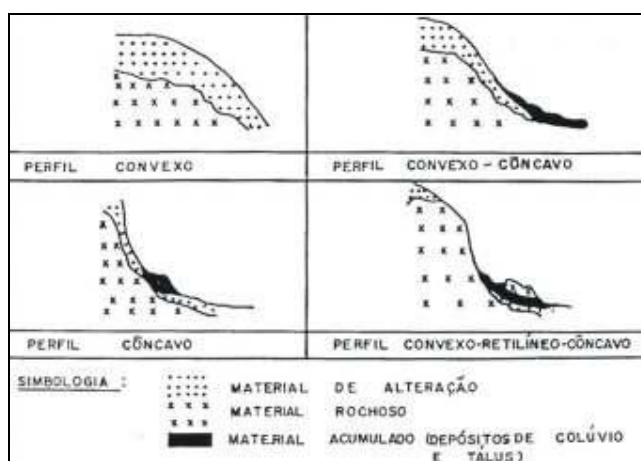


FIGURA 28: Perfis de encostas. Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

As informações coletadas em campo, a observação do comportamento das curvas de nível contidas no Mapa Cadastral da bacia e a análise do modelo tridimensional possibilitaram a reprodução no *software* ArcGis 9.3, por meio de polígonos e classificação utilizando tabela de atributos, dos perfis de encostas que são verificados ao longo da bacia em questão.

Por último, para a compartimentação da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em unidades homogêneas, as informações contidas no Mapa de Formações Geológicas de Superfície, Mapa de Unidades Aquíferas e Carta de Declividades, juntamente com as informações referentes às formas de relevo e perfis de encostas, também reproduzidas na forma de documentos cartográficos básicos, foram agrupadas no *software* ArcGis 9.3 em um único *layer* e tabela de atributos.

A integração dessas informações em uma única tabela de atributos e a posterior intersecção das mesmas deu origem às unidades homogêneas e ao Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.

Cada unidade homogênea gerada reúne informações referentes à estratigrafia (Província), formação geológica de superfície (Zona), forma de relevo (Sub-zona), faixa de declividades, perfil de encosta e unidade aquífera característica da própria porção da bacia delimitada e classificada a partir de um código identificador da UBC.

6.1.9 Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico

A Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico – aptidão ao processo de ocupação urbana – foi elaborada a partir de proposta metodológica de Vedovello (2000).

Esse documento cartográfico tem como objetivo indicar as potencialidades da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, do ponto de vista geológico-geotécnico (considerando aspectos inerentes ao meio físico), no que diz respeito ao processo de ocupação urbana, com destaque para a implantação de infraestrutura urbana (ex.: edificações, arruamento, rede de abastecimento de água potável, rede coletora de esgotos sanitários, sistema de drenagem de águas pluviais, etc.), minimizando impactos ambientais e riscos geotécnicos.

Para a elaboração desse documento cartográfico utilizou-se o Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), cujas unidades homogêneas foram avaliadas com relação à sua aptidão para o processo de ocupação urbana.

Nesse contexto, foram selecionados cinco componentes geotécnicos e características dos terrenos que constituem fatores básicos para a análise e seleção das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) e, conseqüentemente, para a produção da Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico. São eles:

- Alterabilidade;
- Declividade;
- Espessura do manto de alteração;
- Permeabilidade;
- Tipo de material do manto de alteração.

Cada um desses componentes foi dividido em quatro classes distintas, cujas características determinam comportamentos diferenciados perante a análise prevista – aptidão ao processo de ocupação urbana.

O Quadro 1 sintetiza esses componentes geotécnicos e suas respectivas classes.

QUADRO 1: Componentes geotécnicos selecionados e respectivas classes. Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

COMPONENTES	CLASSES			
ALTERABILIDADE	Muito Alta	Alta	Média	Baixa
DECLIVIDADE	0 – 10%	10 – 20%	20 – 30%	>30%
ESPESSURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO	Maior que 2m	De 2 a 1 m	De 1 a 0,3 m	Menor que 0,3 m
PERMEABILIDADE	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
TIPO DE MATERIAL DO MANTO DE ALTERAÇÃO	Argiloso	Argilo-arenoso	Areno-argiloso	Arenoso

Em seguida segue uma descrição de cada um dos cinco componentes geotécnicos considerados:

a) Alterabilidade:

A alterabilidade corresponde à susceptibilidade dos materiais componentes das unidades homogêneas (UBCs) – rochas e materiais inconsolidados – ao intemperismo (desagregação física, química e biológica). Neste caso, utilizou-se os perfis de encostas característicos das diferentes unidades homogêneas (UBCs) como critério analítico para a classificação das mesmas com relação ao grau de alterabilidade. No Quadro 2 pode-se verificar os perfis de encostas e as respectivas classes de alterabilidade.

QUADRO 2: Perfis de encostas e respectivas classes de alterabilidade. Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

PERFIS DE ENCOSTAS	CLASSES DE ALTERABILIDADE
CÔNCAVO	Média
CONVEXO	Muito Alta
CONVEXO-CÔNCAVO	Alta
CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO	Baixa

b) Declividade:

A análise das faixas de declividades associadas às unidades homogêneas (UBCs) contemplou recomendações de usos, restrições e problemas esperados (ex.: inundações, processos erosivos, movimentos de massa e queda de blocos, etc.) para as porções da bacia hidrográfica sujeitas ao processo de ocupação urbana. No Quadro 3 pode-se verificar as classes de declividades e respectivas recomendações de usos, restrições e problemas esperados.

QUADRO 3: Classes de declividades e respectivas recomendações de usos, restrições e problemas esperados. Fonte: Instituto Geológico *apud* Costa (1996).

CLASSES DE DECLIVIDADES	RECOMENDAÇÕES DE USOS E RESTRIÇÕES
<2% – Terrenos planos ou quase planos, nos quais o escoamento superficial é muito lento ou lento.	Áreas impróprias para instalação de saneamento. Áreas sujeitas a inundações.
2 – 5% – Terrenos com declividades suaves, nos quais o escoamento superficial é lento ou médio e os problemas de erosão requerem práticas simples de conservação.	Áreas favoráveis à implantação de aeroportos locais, rodovias e ferrovias principais.
5 – 10% – Terrenos inclinados, geralmente com relevo ondulado, nos quais o escoamento superficial varia de médio a rápido, porém com poucos problemas de erosão.	Exigência de práticas simples de conservação. Corresponde ao limite máximo para implantação de infraestruturas de saneamento, ferrovias e indústrias.
10 – 15% – Terrenos muito inclinados ou colinosos, nos quais o escoamento superficial é rápido. Apresentam problemas de erosão superficial, exceto quando os solos são arenosos e pouco arenosos.	Limite para implantação de vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível. Limite máximo para a implantação de obras de engenharia simples e pouco complexas.
15 – 20% – Terrenos fortemente inclinados, nos quais o escoamento superficial é muito rápido, com problemas de erosão superficial.	Propício para implantação de infraestruturas de sistemas viários locais. Propício para implantação de lotes paralelos às curvas de nível. Classe limite para implantação de residências individuais e estradas.
20 – 25% – Terrenos fortemente inclinados, nos quais o escoamento superficial é muito rápido. Alta susceptibilidade a processos erosivos.	Classe limite para implantação de estruturas de engenharia.
25 – 30% – Terrenos fortemente inclinados, nos quais o escoamento superficial é muito rápido. Alta susceptibilidade a processos erosivos.	Classe limite máxima por lei para ocupação de encostas sem projetos especiais.
30 – 47% – Terrenos íngremes, com escoamento superficial muito rápido e sujeitos a movimentos de massa e queda de blocos.	Classe limite para operação de veículos tracionados, utilização como área de recreação ou qualquer outro tipo de ocupação.
47 – 100% – Terrenos muito íngremes ou escarpados, com desenvolvimento de solos muito rasos e extremamente susceptíveis à erosão.	–

c) Espessura do manto de alteração:

Este componente geotécnico também foi avaliado e estimado a partir da análise dos perfis de encostas característicos das diferentes unidades homogêneas (UBCs) e se refere ao valor médio do “pacote” de alteração dos maciços rochosos. No Quadro 4 pode-se verificar os perfis de encostas e respectivas classes de espessura do manto de alteração.

QUADRO 4: Perfis de encostas e respectivas classes de espessura do manto de alteração.
Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

PERFIS DE ENCOSTAS	CLASSES DE ESPESSURA
CÔNCAVO	Pouco espesso
CONVEXO	Muito espesso
CONVEXO-CÔNCAVO	Moderadamente espesso
CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO	Delgado

d) Permeabilidade:

Este componente, o qual se refere a maior ou menor facilidade que os materiais oferecem à percolação de um fluido em um meio poroso, foi analisado a partir dos coeficientes de permeabilidade dos diferentes tipos de materiais inconsolidados presentes ao longo de toda a extensão da área de estudo e de seus respectivos ensaios de caracterização – ensaios realizados por Muro (2000), incluindo dados amostrados e descritos por Zuquette (1981), Aguiar (1989) e Nishiyama (1991), os quais encontram-se no Anexo 02. No Quadro 5 pode-se verificar as classes de permeabilidade e os respectivos coeficientes de permeabilidade.

QUADRO 5: Classes de permeabilidade e respectivos coeficientes de permeabilidade dos materiais inconsolidados. Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

CLASSES DE PERMEABILIDADE	COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE
Alta	$>10^{-3}$
Média	10^{-3} a 10^{-6}
Baixa	10^{-6} a 10^{-9}
Muito Baixa	$<10^{-9}$

e) Tipo de material do manto de alteração:

Este componente geotécnico também foi avaliado a partir da análise dos perfis de encostas presentes nas diferentes unidades homogêneas (UBCs) e refere-se à composição físico-química – granulométrica e mineralógica – do material do manto de

alteração. No Quadro 6 pode-se verificar os perfis de encostas e respectivas classes de tipos de materiais do manto de alteração.

QUADRO 6: Perfis de encostas e respectivas classes de tipos de materiais do manto de alteração.
Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

PERFIS DE ENCOSTAS	CLASSES DE TIPOS DE MATERIAIS DO MANTO DE ALTERAÇÃO
CÔNCAVO	Areno-argiloso
CONVEXO	Argiloso
CONVEXO-CÔNCAVO	Argilo-Arenoso
CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO	Arenoso

Após a finalização da análise das unidades homogêneas (UBCs) a partir dos cinco componentes geotécnicos citados e descritos anteriormente e respectivas classes, efetuou-se uma saída de campo ao longo da bacia hidrográfica com o intuito de validar as informações obtidas a partir dos procedimentos analíticos e intersecções de informações realizadas com o auxílio do *software* ArcGis 9.3.

Por último, as unidades homogêneas (UBCs) foram classificadas no que diz respeito à aptidão ao processo de ocupação urbana e considerando-se as classes dos componentes geotécnicos obtidas anteriormente para as mesmas. As classes de aptidão à ocupação urbana utilizadas nesta última classificação das UBCs foram:

- Áreas favoráveis;
- Áreas propícias;
- Áreas pouco favoráveis;
- Áreas impróprias.

Os critérios de classificação utilizados para caracterizar as informações geotécnicas obtidas para cada uma das unidades homogêneas (UBCs) com relação à aptidão ao processo de ocupação urbana encontram-se dispostos no Quadro 7.

QUADRO 7: Componentes geotécnicos utilizados na caracterização das unidades homogêneas (UBCs) e classes de aptidão ao processo de ocupação urbana. Fonte: Ricardo Vedovello (2000).

COMPONENTES GEOTÉCNICOS	CLASSES			
	Áreas Favoráveis	Áreas Propícias	Áreas Pouco Favoráveis	Áreas Impróprias
Alterabilidade	Muito Alta	Alta	Média	Baixa
Permeabilidade	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
Declividade	0 – 10%	10 – 20%	20 – 30%	>30%
Tipo de material do manto de alteração	Argiloso	Argilo-arenoso	Areno-argiloso	Arenoso
Espessura do manto de alteração	Muito espesso	Moderadamente espesso	Pouco espesso	Delgado

Em seguida segue uma descrição das classes de aptidão ao processo de ocupação urbana:

a) Áreas favoráveis:

Caracterizam-se por apresentar pequenas restrições na fase de implantação das obras. Estas restrições são impostas com o intuito de evitar a ocorrência de fenômenos geodinâmicos resultantes de ações técnicas inadequadas executadas durante o período de implantação das obras. Como exemplo pode-se citar: estrangulamentos de drenagens que podem gerar problemas de inundações, cortes mal dimensionados aumentando a declividade natural do terreno, etc. (VEDOVELLO, 2000).

b) Áreas propícias:

Correspondem às áreas que podem ser ocupadas mediante a execução de procedimentos técnicos específicos para a implantação das obras, como, por exemplo: necessidade de pequenas obras de contenção, instalação de drenagens artificiais (ex.: canaletas, valas revestidas, etc.) visando a estabilização de cortes no terreno, etc. (VEDOVELLO, 2000).

c) Áreas pouco favoráveis:

Correspondem às áreas que podem ser ocupadas a partir da elaboração de projetos técnicos que demandam elevados investimentos e que possuem o respaldo de infraestruturas adequadas. Como exemplo pode-se citar a necessidade de grandes obras de contenção (ex.: drenos profundos, injeções de concreto em maciços rochosos, etc.) ou a execução de aterros (VEDOVELLO, 2000).

d) Áreas impróprias:

Correspondem às áreas que apresentam restrições geotécnicas, mesmo diante da elaboração de projetos técnicos específicos. Os riscos geotécnicos aos quais as obras implantadas nestas áreas encontram-se submetidas são: incidência de processos erosivos severos, escorregamentos, movimentos gravitacionais de massa, queda de blocos, etc. (VEDOVELLO, 2000).

7. RESULTADOS

Os resultados obtidos consistiram na elaboração, na escala de 1:50.000, dos seguintes documentos cartográficos para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho:

- Mapa Cadastral (Apêndice 02);
- Carta de Declividades (Apêndice 03);
- Mapa de Uso e Cobertura do Solo (Apêndice 04);
- Mapa de Formações Geológicas de Superfície (Apêndice 05);
- Mapa de Materiais Inconsolidados (Apêndice 06);
- Mapa de Unidades Aquíferas (Apêndice 07);
- Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) (Apêndice 08);
- Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico – aptidão ao processo de ocupação urbana (Apêndice 09).

7.1 Mapa Cadastral

O Mapa Cadastral da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi o primeiro documento cartográfico elaborado e contém as seguintes informações referentes à bacia: limite da bacia; rede hidrográfica (rio do Monjolinho e todos os seus tributários); curvas de nível; pontos cotados; delimitação do perímetro urbano de São Carlos (SP) e de parte do perímetro urbano de Ibaté (SP); principais rodovias (SP 215 – Rodovia Dr. Paulo Lauro; SP 310 – Rodovia Washington Luís; SP 318 – Rodovia Engenheiro Thales de Lorena Peixoto Jr.); redes de transmissão de energia elétrica; poços perfurados para a exploração de água subterrânea.

7.2 Carta de Declividades

A Carta de Declividades da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi o segundo documento cartográfico produzido e trata-se de uma representação em superfície plana de todas as inclinações da área da bacia em questão. As sete classes de declividades presentes neste documento cartográfico são: 0 – 5%, 5 – 10%, 10 – 15%, 15 – 20%, 20 – 30%, 30 – 45% e >45%.

7.3 Mapa de Uso e Cobertura do Solo

O Mapa de Uso e Cobertura do Solo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho foi o terceiro documento cartográfico gerado e as formas de uso e cobertura

do solo verificadas ao longo de toda a extensão da bacia e representadas no mesmo são: perímetro urbano, cana de açúcar, pastagem, reflorestamento, capoeira, vegetação nativa (principalmente ao longo dos cursos d'água de fora do perímetro urbano de São Carlos – SP) e solo exposto (principalmente áreas de solo exposto decorrentes de atividades de mineração – extração de areia).

As porcentagens referentes a cada uma das formas de uso e cobertura do solo em relação à área total da bacia são: perímetro urbano (18%), cana de açúcar (42%), pastagem (12%), reflorestamento (2%), capoeira (4%), vegetação nativa (21%) e solo exposto (1%) (Figura 29).

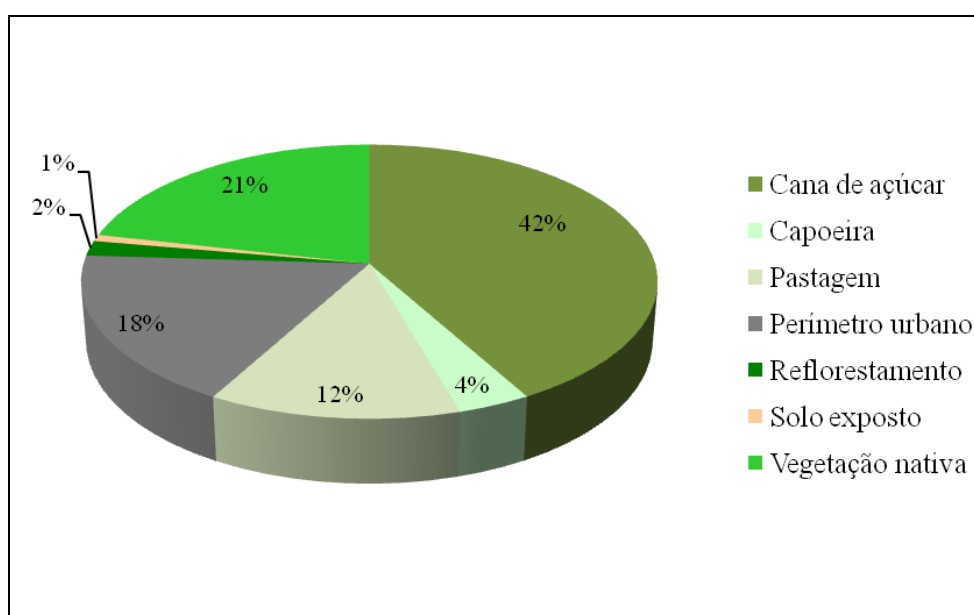


FIGURA 29: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das formas de uso e cobertura do solo de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

7.4 Mapa de Formações Geológicas de Superfície

O Mapa de Formações Geológicas de Superfície foi o quarto documento cartográfico produzido para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, na escala de 1:50.000. Este documento cartográfico corresponde a uma representação em superfície plana das formações geológicas de superfície que podem ser verificadas ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica em questão. São elas: Formação Serra Geral e Formação Botucatu, pertencentes ao Grupo São Bento, Formação Adamantina, relativa ao Grupo Bauru, Formação Pirambóia, Depósitos Recentes do Quaternário e Suítes Básicas.

As porcentagens referentes a cada uma das formações geológicas de superfície em relação à área total da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são: Formação Serra Geral (14%), Formação Botucatu (28%), Formação Adamantina (34%), Formação Pirambóia (3%), Quaternário (2%) e Suítes Básicas (1%) (Figura 30). O perímetro urbano de São Carlos (SP) e parte do perímetro urbano de Ibaté (SP) correspondem a 18% da área total da bacia.

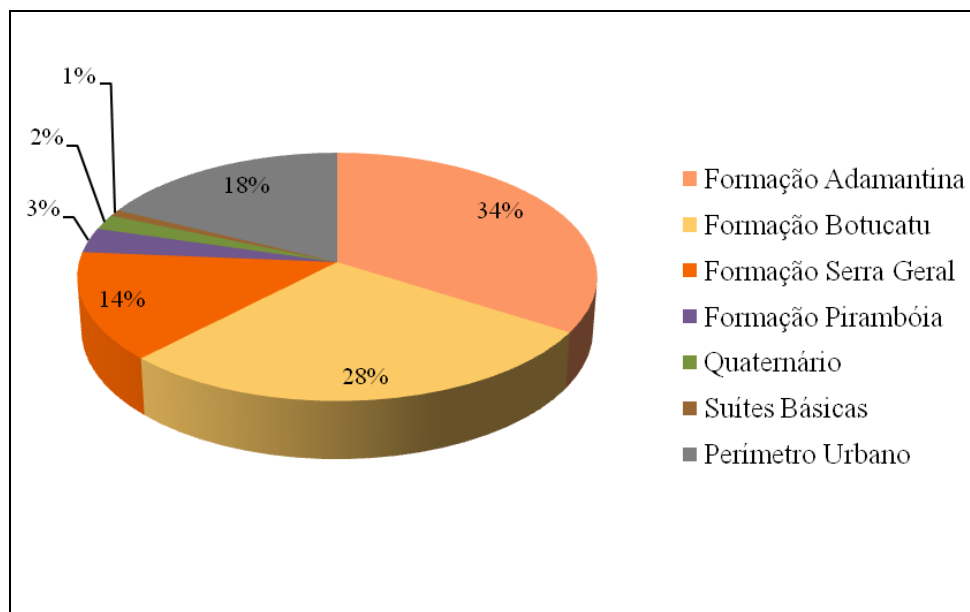


FIGURA 30: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das formações geológicas de superfície de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.

Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

7.5 Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados foi o quinto documento cartográfico produzido para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, na escala de 1:50.000. Este documento cartográfico corresponde a uma representação em superfície plana dos tipos de materiais inconsolidados, residuais e retrabalhados, que podem ser verificados ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica em questão. São eles: Cobertura dos Sedimentos Arenosos I, Cobertura Residual da Formação Adamantina, Cobertura Residual da Formação Serra Geral, Residual Intrusivas Básicas, Retrabalhado Arenoso I, Retrabalhado Arenoso II, Retrabalhado Botucatu, Retrabalhado Coluvionar, Aluvião e Afloramento de Rocha Sedimentar.

As porcentagens referentes a cada um dos tipos de materiais inconsolidados em relação à área total da bacia são: Cobertura dos Sedimentos Arenosos I (30%), Cobertura Residual da Formação Adamantina (4%), Cobertura Residual da Formação

Serra Geral (10,1%), Residual Intrusivas Básicas (1%), Retrabalhado Arenoso I (27,5%), Retrabalhado Arenoso II (1,6%), Retrabalhado Botucatu (3%), Retrabalhado Coluvionar (0,5%), Aluvião (1,9%) e Afloramento de Rocha Sedimentar (2,8%) (Figura 31). O perímetro urbano de São Carlos (SP) e parte do perímetro urbano de Ibaté (SP) correspondem a aproximadamente 18% da área total da bacia.

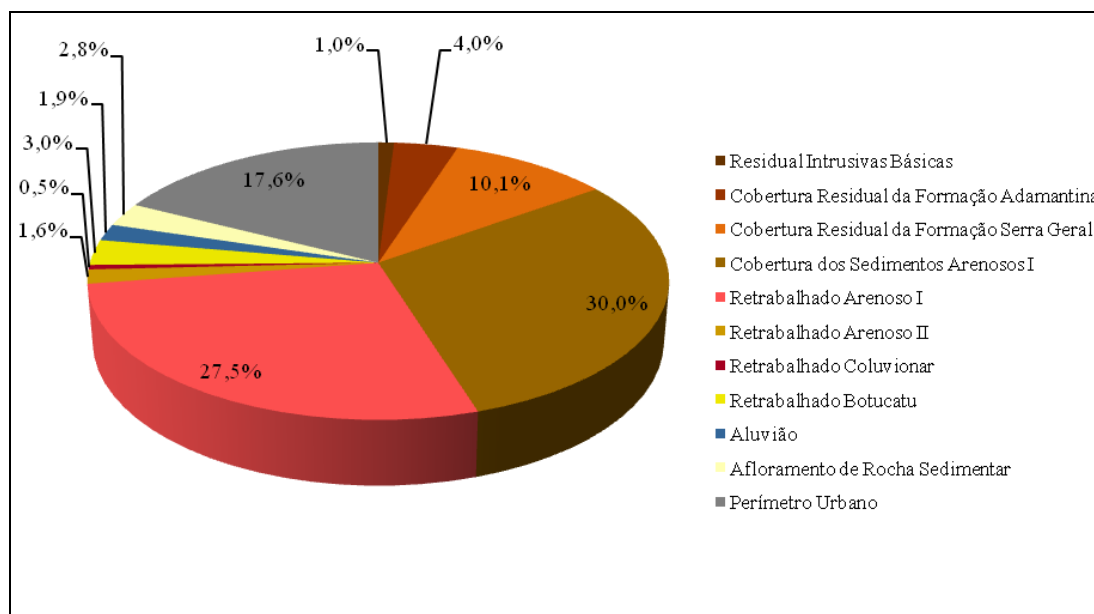


FIGURA 31: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada um dos tipos de materiais inconsolidados de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

7.6 Mapa de Unidades Aquíferas

O Mapa de Unidades Aquíferas foi o sexto documento cartográfico gerado para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho e o mesmo reúne dois grupos de aquíferos: aquíferos sedimentares, os quais apresentam porosidade intergranular, e aquíferos fraturados, os quais apresentam porosidade de fraturas.

Os aquíferos sedimentares presentes na bacia são representados pelo Aquífero Bauru (formado por rochas sedimentares arenosas, areno-argilosas e siltosas pertencentes à Formação Adamantina – Grupo Bauru – e depositadas em ambiente desértico e fluvial, sob clima árido e semiárido, há mais de 65 milhões de anos; trata-se de um aquífero poroso e livre), Aquífero Guarani (relativo às formações geológicas Botucatu e Pirambóia; constituído por arenitos de granulação média a fina, depositados pela ação eólica em ambiente desértico há cerca de 130 milhões de anos; trata-se do maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo; poroso, livre e

confinado) e Aquífero Aluvionar (relativo aos Depósitos Recentes do Quaternário; poroso e livre).

Os aquíferos fraturados da bacia são, por sua vez, representados pelo Aquífero Serra Geral (constituído por rochas, sobretudo basaltos, originadas dos derrames basálticos da Formação Serra Geral entre 138 e 127 milhões de anos e intrusões diabásicas; trata-se de um aquífero livre) e Aquífero Fraturado (relativo às Suítes Básicas; trata-se de um aquífero livre).

As porcentagens referentes a cada uma das unidades aquíferas em relação à área total da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são: Aquífero Bauru (34%), Aquífero Guarani (31%), Aquífero Aluvionar (2%), Aquífero Serra Geral (14%) e Aquífero Fraturado (1%) (Figura 32). O perímetro urbano de São Carlos (SP) e parte do perímetro urbano de Ibaté (SP) correspondem a 18% da área total da bacia.

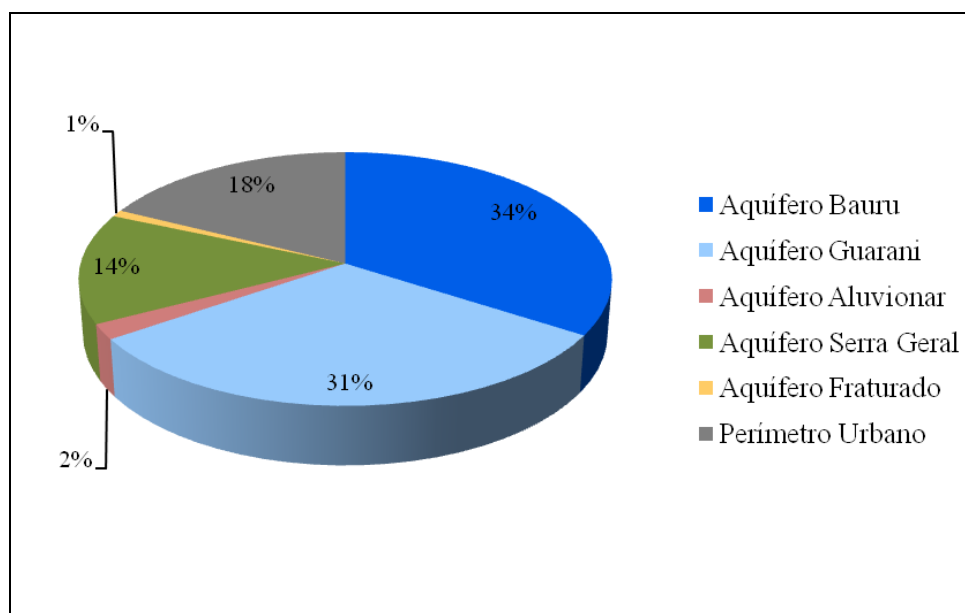


FIGURA 32: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das unidades aquíferas de ocorrência na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.

Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

7.7 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs)

O Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) foi o sétimo documento cartográfico gerado para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, na escala de 1:50.000. Este documento cartográfico corresponde a uma representação em superfície plana do processo de compartimentação da bacia em questão em unidades homogêneas – porções da bacia com características e propriedades geológico-geotécnicas semelhantes.

O Quadro 8 sintetiza as Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) obtidas ao longo de toda a extensão da bacia e na sequência tem-se uma descrição de cada uma dessas unidades.

QUADRO 8: Síntese dos compartimentos (UBCs) obtidos para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

<u>DOMÍNIO REGIONAL – BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ</u>			
PROVÍNCIA	ZONA	SUB-ZONA	UBCs
Quaternário (Q)	Depósitos Recentes do Quaternário (QUAT)	Planície (P)	Q,QUAT,P
Cretáceo Superior (CS)	Formação Adamantina – Grupo Bauru (FAD)	Planície (P) Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA)	CS,FAD,P 1 a 2 CS,FAD,C 1 a 3 CS,FAD,M 1 a 2 CS,FAD,MA 1 a 2
Juro-Cretáceo (JCR)	Formação Serra Geral – Grupo São Bento (FSG)	Planície (P) Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA)	JCR,FSG,P 1 a 4 JCR,FSG,C 1 a 3 JCR,FSG,M 1 a 4 JCR,FSG,MA 1 a 2
	Suítes Básicas (SB)	Planície (P) Colina (C)	JCR,SB,P JCR,SB,C
Jurássico (J)	Formação Botucatu – Grupo São Bento (FBOT)	Planície (P) Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA) Cuesta (CT)	J,FBOT,P 1 a 3 J,FBOT,C 1 a 3 J,FBOT,M 1 a 3 J,FBOT,MA 1 a 2 J,FBOT,CT
Triássico-Jurássico (TJ)	Formação Pirambóia (FPIR)	Planície (P) Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA)	TJ,FPIR,P 1 a 2 TJ,FPIR,C 1 a 3 TJ,FPIR,M 1 a 3 TJ,FPIR,MA 1 a 2

Descrição das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) obtidas ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho:

- Q,QUAT,P – Depósitos recentes do Quaternário em planície aluvionar, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Aluvionar (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,P 1 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,P 2 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,C 1 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,C 2 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,C 3 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,M 1 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,M 2 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,MA 1 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).
- CS,FAD,MA 2 – Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).

- JCR,FSG,P 1 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,P 2 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,P 3 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,P 4 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,C 1 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,C 2 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,C 3 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,M 1 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,M 2 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,M 3 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,M 4 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).

- JCR,FSG,MA 1 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,FSG,MA 2 – Formação Serra Geral (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Serra Geral (fraturado e livre).
- JCR,SB,P – Suítes Básicas, forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Fraturado (livre).
- JCR,SB, C – Suítes Básicas, forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Fraturado (livre).
- J,FBOT,P 1 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,P 2 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,P 3 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,C 1 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,C 2 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,C 3 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,M 1 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).

- J,FBOT,M 2 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,M 3 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,MA 1 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,MA 2 – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- J,FBOT,CT – Formação Botucatu (Grupo São Bento), forma de relevo do tipo cuesta, declividade maior que 45%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,P 1 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,P 2 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo planície, declividades de 0 a 5%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,C 1 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,C 2 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,C 3 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo colina, declividades de 5 a 20%, perfil de encosta convexo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,M 1 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).

- TJ,FPIR,M 2 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,M 3 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo morrote, declividades de 20 a 30%, perfil de encosta convexo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,MA 1 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).
- TJ,FPIR,MA 2 – Formação Pirambóia, forma de relevo do tipo morro alto, declividades de 30 a 45%, perfil de encosta convexo-retilíneo-côncavo e Aquífero Guarani (sedimentar, poroso, livre e confinado).

As porcentagens referentes a cada uma das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) em relação à área total da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são (Figura 33):

- Q,QUAT,P – 1,96%;
- CS,FAD,P 1 a 2 – 21,34%;
- CS,FAD,C 1 a 3 – 12,58%;
- CS,FAD,M 1 a 2 – 0,12%;
- CS,FAD,MA 1 a 2 – 0,01%;
- JCR,FSG,P 1 a 4 – 4,72%;
- JCR,FSG,C 1 a 3 – 7,88%;
- JCR,FSG,M 1 a 4 – 1,08%;
- JCR,FSG,MA 1 a 2 – 0,41%;
- JCR,SB,P – 0,30%;
- JCR,SB,C – 0,56%;
- J,FBOT,P 1 a 3 – 13,21%;
- J,FBOT,C 1 a 3 – 13,32%;
- J,FBOT,M 1 a 3 – 1,27%;
- J,FBOT,MA 1 a 2 – 0,39%;
- J,FBOT,CT – 0,01%;
- TJ,FPIR,P 1 a 2 – 0,99%;
- TJ,FPIR,C 1 a 3 – 2,03%;

- TJ,FPIR,M 1 a 3 – 0,18%;
- TJ,FPIR,MA 1 a 2 – 0,02%;
- Perímetro Urbano – 17,60%.

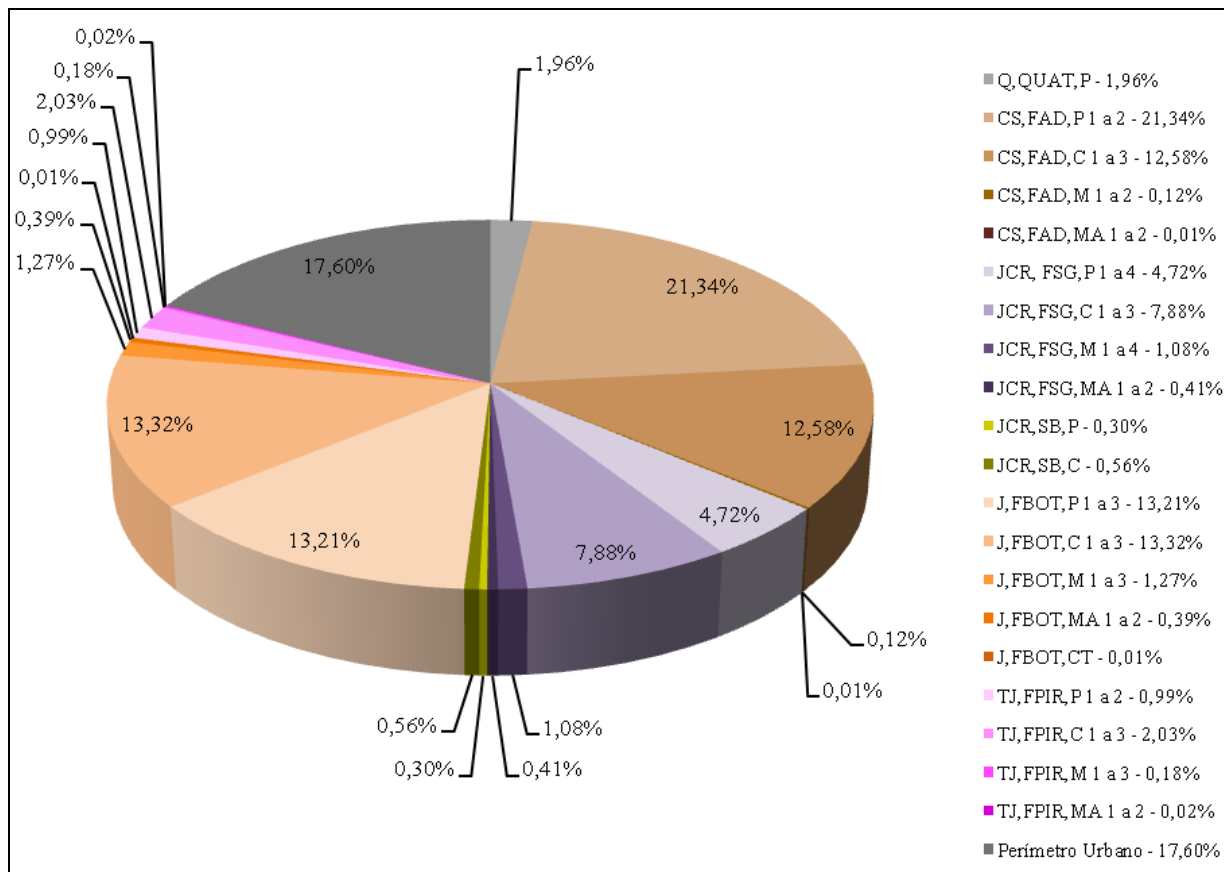


FIGURA 33: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das unidades homogêneas (UBCs) pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

7.8 Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico

A Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico – aptidão ao processo de ocupação urbana – foi o último documento cartográfico produzido para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, nas escala de 1:50.000. Este documento cartográfico, o qual é produto da integração de informações geológico-geotécnicas diversificadas, compartimentou a área da bacia nas seguintes classes de aptidão ao processo de ocupação urbana: áreas propícias, áreas pouco favoráveis e áreas impróprias.

As porcentagens referentes a cada uma das classes de aptidão ao processo de ocupação urbana em relação à área total da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho são: áreas propícias (61%), áreas pouco favoráveis (14%) e áreas impróprias (7%) (Figura

34). O perímetro urbano de São Carlos (SP) e parte do perímetro urbano de Ibaté (SP) correspondem a aproximadamente 18% da área total da bacia.

Convém ressaltar que, ao longo da bacia em questão, não identificou-se áreas favoráveis ao processo de ocupação urbana.

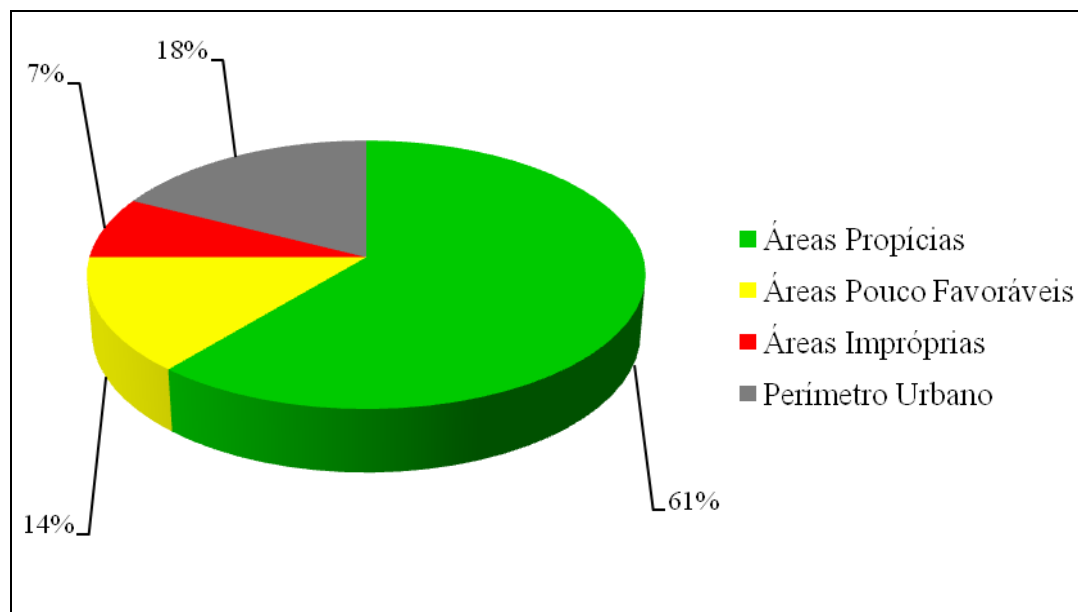


FIGURA 34: Gráfico representativo das porcentagens referentes a cada uma das classes de aptidão ao processo de ocupação urbana que podem ser verificadas ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho em relação à área total da bacia. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao se analisar o Mapa de Uso e Cobertura do Solo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, pode-se constatar que a forma de uso e cobertura do solo predominante é o cultivo de cana de açúcar (monocultura) (42%). Esta atividade foi responsável, ao longo dos anos, por significativas alterações na paisagem da bacia em questão e também por reduzir sensivelmente os remanescentes de vegetação nativa, fazendo com que os mesmos se tornassem restritos principalmente a estreitas faixas ao longo de alguns dos cursos d'água da bacia e a alguns fragmentos isolados. É importante ressaltar que a expansão do cultivo de cana de açúcar sobre os remanescentes de vegetação nativa também contribuiu com a deterioração da qualidade da água dos córregos da bacia, em função da lixiviação de nutrientes, fertilizantes, pesticidas e herbicidas para o interior destes sistemas aquáticos.

A análise dos Mapas de Formações Geológicas de Superfície e de Materiais Inconsolidados permite afirmar que a formação geológica de superfície predominante na

área de estudo é a Formação Adamantina (34%) e o tipo de material inconsolidado predominante é o Cobertura do Sedimentos Arenosos I (30%).

A observação do Mapa de Unidades Aquíferas da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho permite constatar que as duas unidades aquíferas predominantes na bacia são o Aquífero Bauru (34%) e o Aquífero Guarani (31%). Ambos caracterizam-se por serem aquíferos sedimentares, por apresentarem permeabilidade intergranular, por constituírem grandes mananciais de água subterrânea para diferentes usos e por possuírem áreas de recarga – porções aflorantes, através das quais ocorre o recarregamento do aquífero pelas águas provenientes da precipitação – ao longo da bacia. É fundamental que o processo de ocupação urbana leve em consideração a fragilidade das áreas de recarga dos aquíferos e a possibilidade de se gerar processos difusos de contaminação das águas subterrâneas, em função da operacionalização das diferentes atividades urbanas.

Ao se analisar o Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, pode-se verificar que a unidade homogênea predominante é CS,FAD,P 1 a 2 (21,34%). Esta unidade é composta pela formação geológica de superfície Formação Adamantina (Grupo Bauru), forma de relevo do tipo planície, perfis de encostas convexo-côncavo e côncavo e Aquífero Bauru (sedimentar, poroso e livre).

A partir da integração de informações geológico-geotécnicas foi gerada a Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho na escala de 1:50.000, a qual compartimentou a área de estudo nas seguintes classes de aptidão ao processo de ocupação urbana: áreas propícias; áreas pouco favoráveis; áreas impróprias.

Nas áreas propícias ao processo de ocupação urbana (classe de aptidão predominante na bacia – 61%), as quais correspondem às porções norte e sudoeste da bacia, excetuando-se a faixa central e a porção sudeste da bacia, as formações geológicas de superfície predominantes são a Formação Adamantina (Grupo Bauru) e a Formação Botucatu (Grupo São Bento).

Nessas áreas propícias, as unidades aquíferas predominantes são: Aquífero Bauru (poroso e livre) e Aquífero Guarani (poroso, livre e confinado). Este último corresponde ao maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo.

Os principais tipos de materiais inconsolidados presentes nessas áreas, os quais se caracterizam pela predominância de frações granulométricas finas (areia fina), são:

Cobertura dos Sedimentos Arenosos I, Cobertura Residual da Formação Adamantina e Retrabalhado Arenoso I. O primeiro caracteriza-se por apresentar alta permeabilidade e os dois últimos média permeabilidade.

As declividades predominantes nessas áreas consideradas propícias variam de 0 a 20% e o perfil de encosta predominante é o convexo-côncavo (alta alterabilidade e manto de alteração moderadamente espesso), os quais dão origem a um relevo ondulado / suave e, portanto, propício à ocupação urbana.

Os tipos pedológicos predominantes são os Latossolos, os quais se caracterizam por serem bastante intemperizados e com grande desenvolvimento de perfil. Em menor proporção aparece a Terra Roxa Estruturada.

Todas essas características geológico-geotécnicas integradas, com destaque para os materiais inconsolidados com predominância de frações granulométricas finas, alta alterabilidade e manto de alteração moderadamente espesso, declividades que variam de 0 a 20%, perfil de encosta convexo-côncavo e solos bastante intemperizados e com grande desenvolvimento de perfil, propiciam a implantação de infraestrutura urbana – edificações, rede de drenagem de águas pluviais, rede de abastecimento público de água potável e rede coletora de esgotos sanitários – sem a necessidade de altos investimentos em projetos técnicos específicos, fazendo com que essas áreas sejam classificadas como propícias ao processo de ocupação urbana.

Essas características do meio físico tornam essas porções da bacia pouco susceptíveis a riscos geotécnicos (ex.: escorregamentos, movimentos gravitacionais de massa, queda de blocos, etc.).

Em contrapartida, a presença, nessas áreas, de duas unidades aquíferas caracterizadas por serem porosas (permeabilidade intergranular) e também livres (constituídas por formações geológicas superficiais totalmente aflorantes) exige que critérios técnicos sejam adotados durante o processo de ocupação urbana, com o intuito de minimizar processos difusos de contaminação dos mananciais subterrâneos.

Nas áreas pouco favoráveis à ocupação urbana (14% da bacia), as quais correspondem, principalmente, à porção central da bacia, a formação geológica de superfície predominante é a Formação Serra Geral (Grupo São Bento).

Nessas áreas, a unidade aquífera predominante é o Aquífero Serra Geral, o qual se caracteriza por ser do tipo fraturado e livre.

Os dois tipos de materiais inconsolidados predominantes nessas áreas são: Retrabalhado Arenoso II e Cobertura Residual da Formação Serra Geral. O primeiro

caracteriza-se por apresentar em sua composição granulométrica maiores teores de finos e o segundo textura predominantemente argilosa. Ambos caracterizam-se por média permeabilidade.

As declividades predominantes nessas áreas consideradas pouco favoráveis variam de 20 a >45% e o perfil de encosta predominante é o côncavo (média alterabilidade e manto de alteração pouco espesso), os quais dão origem a um relevo forte ondulado.

O tipo pedológico predominante é a Terra Roxa Estruturada, a qual se caracteriza por ser um tipo de solo espesso, bem drenado e originado a partir de rochas básicas.

Apesar de as características dos materiais inconsolidados presentes nessa porção central da bacia, sobretudo a predominância da textura argilosa, e do tipo solo (Terra Rocha Estruturada) possibilitarem a ocupação urbana, as declividades que variam de 20 a >45% e o perfil de encosta do tipo côncavo impõem certas restrições ao processo, fazendo com que as áreas em questão sejam consideradas pouco favoráveis à ocupação urbana. Este tipo de perfil de encosta também faz com que os materiais inconsolidados apresentem manto de alteração pouco espesso, dificultando a implantação de edificações, rede de drenagem de águas pluviais, rede de abastecimento público de água potável e rede coletora de esgotos sanitários.

Nessas áreas consideradas pouco favoráveis, o processo de ocupação urbana pode ocorrer mediante a elaboração de projetos técnicos e altos investimentos em infraestrutura.

A presença, nessas áreas, de uma unidade aquífera caracterizada por ser do tipo fraturada (permeabilidade de fraturas) e livre (constituída por formações geológicas superficiais totalmente aflorantes) – Aquífero Serra Geral – também impõe restrições ao processo de ocupação urbana, minimizando possíveis riscos de contaminação das águas subterrâneas.

A porção sudeste da bacia também foi classificada como pouco favorável à ocupação urbana. Nesta área há ocorrência de solos arenosos – Areias Quartzosas Profundas (Regossolos) – constituídos por pelo menos 80% de areia e 15% de argila. Trata-se de uma importante área de recarga do aquífero Guarani e que já apresenta, no contexto dos bairros Cidade Aracy e Antenor Garcia, um histórico de ocupação urbana irregular. Processos erosivos, especificamente voçorocas, podem ser observados nesta porção da bacia.

Nas áreas impróprias ao processo de ocupação urbana (7% da bacia), as quais correspondem, principalmente, à porção centro-oeste da bacia, as formações geológicas de superfície predominantes são a Formação Pirambóia (arenitos de granulometria fina a média), os Depósitos Recentes do Quaternário e a Formação Botucatu (arenitos).

Nessas áreas, as unidades aquíferas predominantes são: Aquífero Aluvionar (poroso e livre) e Aquífero Guarani (poroso, livre e confinado).

Os tipos de materiais de inconsolidados predominantes nessas áreas são: Retrabalhado Botucatu, Afloramento de Rocha Sedimentar e Aluvião (Retrabalhado Aluvionar).

As declividades predominantes nessas áreas consideradas impróprias variam de 20 a >45% e o perfil de encosta predominante é do tipo convexo-retilíneo-côncavo (baixa alterabilidade e manto de alteração delgado), os quais dão origem a um relevo que varia de forte ondulado a escarpado.

Nessas áreas há ocorrência de solos Litólicos, os quais se caracterizam por serem solos imaturos, rasos e com pequeno desenvolvimento de perfil.

Todas essas informações geológico-geotécnicas integradas, com destaque para as altas declividades que variam de 20 a >45%, perfil de encosta do tipo convexo-retilíneo-côncavo (espessura do manto de alteração delgada), relevo que varia de forte ondulado a escarpado, solos imaturos e com pequeno desenvolvimento de perfil e presença de afloramentos rochosos, dificultam grandemente o processo de ocupação urbana, com destaque para a implantação de infraestruturas urbanas, e tornam essas áreas susceptíveis a riscos geotécnicos (ex.: processos erosivos, escorregamentos, movimentos gravitacionais de massa, queda de blocos, etc.), fazendo com que as mesmas sejam classificadas como impróprias ao processo de ocupação urbana.

A presença de Depósitos Recentes do Quaternário, ou simplesmente Quaternário, (materiais sedimentares e matéria orgânica depositados pela ação das cheias dos rios) em planícies aluvionares é outra característica que impede a ocupação urbana e isso ocorre em quatro pontos específicos da bacia: a) trecho do rio do Monjolinho situado entre o córrego do Cancã e a foz do próprio rio do Monjolinho; b) pequeno trecho do córrego do Cancã; c) trecho do rio do Monjolinho situado nas proximidades dos córregos da Água Quente e da Água Fria; d) trecho do rio do Monjolinho localizado nas proximidades do córrego do Espraiado.

Na área de estudo não foram identificadas áreas favoráveis ao processo de ocupação urbana.

Deve-se ressaltar também que o zoneamento (geo)ambiental analítico realizado para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho considerou somente componentes e atributos do meio físico, não tendo sido contempladas restrições impostas pela legislação ambiental, como, por exemplo, as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) ao longo de cursos d'água e de nascentes (olhos d'água). Estas áreas, cujos limites são estabelecidos pelo Código Florestal, não devem ser ocupadas uma vez que funcionam como filtros naturais e abrigam áreas de várzea – leitos naturais de inundação de cursos d'água e importantes áreas de reciclagem biogeoquímica, que possuem influência direta na manutenção das características naturais dos ecossistemas aquáticos e na recarga de aquíferos.

Ainda em relação à legislação, uma parte da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, cujos limites são estabelecidos por uma lei municipal (Lei N° 13.944, de 12 de janeiro de 2006), que deve ser ocupada somente por atividades compatíveis com a proteção e recuperação ambiental corresponde à porção da bacia situada a montante da estação de captação de água do Espreado. Esta porção da bacia, englobada nas Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos – APREM/SC, trata-se de uma área de relevante interesse ambiental do ponto de vista de preservação e conservação do abastecimento de água com qualidade, na qual é vedada a implantação de atividades industriais químicas, petroquímicas, nucleares, extração mineral, etc. Nesta porção da bacia, a lei municipal prevê a proteção e recuperação da qualidade e quantidade das águas superficiais, através da recomposição da vegetação ciliar, ripária ou de galeria.

As florestas ripárias, os mosaicos de vegetação e as áreas alagadas (sistemas de transição entre ecossistemas terrestres e ecossistemas aquáticos) devem permanecer intactas durante o processo de ocupação urbana, pelo fato de desempenharem papel fundamental na proteção dos recursos hídricos, mantendo a qualidade da água em condições adequadas para a biota aquática e para o abastecimento da população. As florestas ripárias atuam na estabilização de taludes, minimizando a incidência de processos erosivos em margens e a sedimentação e o assoreamento de cursos d'água. As áreas alagadas são importantes na dissipação de forças erosivas, no controle de enchentes e na conservação e proteção da biodiversidade da fauna aquática e da fauna de transição entre sistemas terrestres e aquáticos.

9. PROPOSTAS DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO – SUBSÍDIOS ÀS INTERVENÇÕES NA BACIA E À ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A partir dos impactos ambientais verificados ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho e listados anteriormente, algumas propostas de gestão ambiental e de recuperação que podem ser sugeridas, visando subsidiar intervenções na bacia e também a elaboração de políticas públicas pelo poder público e a própria gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos são:

- Manejo e disposição final adequada de resíduos sólidos domésticos, minimizando o acúmulo dos mesmos em terrenos baldios e ao longo de margens de cursos d'água.
- Ampliação da atuação das Cooperativas de catadores de resíduos sólidos recicláveis, principalmente no que diz respeito à coleta desses resíduos em bairros periféricos.
- Ampliação do número de pontos de coleta de resíduos de construção e demolição – Ecopontos – para pequenos geradores, tanto em áreas centrais como periféricas de São Carlos (SP), minimizando a disposição final inadequada desses resíduos.
- Ampliação da capacidade de atuação da Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição do município de São Carlos (SP), para que a mesma possa receber volumes adicionais de resíduos provenientes dos Ecopontos e processá-los adequadamente, visando a fabricação de novos materiais de construção civil (ex.: blocos, bloquetes, etc.).
- Intensificação da fiscalização de atividades potencialmente geradoras de resíduos líquidos (esgotos sanitários e efluentes industriais), com o intuito de reduzir o lançamento clandestino destes resíduos não tratados nos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.
- Exigir, por intermédio de dispositivos legais, que as atividades industriais instaladas ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho trabalhem com a gestão adequada de seus resíduos – sólidos (implantação de aterros industriais em áreas adequadas e princípio dos 3Rs – Redução, Reutilização e Reciclagem), líquidos (implantação de Estação de Tratamento de Efluentes – ETE) e gasosos

(instalação de exaustores, filtros de manga, ciclones, precipitadores eletrostáticos ou lavadores de gases).

- Trabalhar com o desaguamento (remoção de água) do lodo dos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de São Carlos, visando o encaminhamento e a disposição final adequada deste resíduo em aterro sanitário. Esta proposta minimizará o descarte irregular do lodo solubilizado nas águas do rio do Monjolinho. Tecnologias que podem ser utilizadas: leitos de secagem e leitos de drenagem.
- Controle das perdas hídricas nas redes de distribuição de água potável de São Carlos (SP) e de Ibaté (SP) – substituição de tubulações.
- Implementação de programas de reuso de água, principalmente para fins industriais.
- Impedir a construção de avenidas marginais em fundos de vale e ao longo das Áreas de Preservação Permanente (APPs) de cursos d'água, visando a conservação de áreas de várzea, que são importantes locais de reciclagem biogeoquímica e de controle de volumes e enchentes.
- Trabalhar com a revegetação da bacia hidrográfica, principalmente de florestas ripárias – ribeirinhas – de cursos d'água, utilizando espécies nativas da própria bacia. As florestas ripárias atuam como filtros naturais, minimizando a lixiviação de poluentes e contaminantes no interior dos sistemas aquáticos.
- Manutenção e ampliação de áreas verdes urbanas dentro do perímetro urbano de São Carlos (SP) e de Ibaté (SP), em função da escassez e da importância das mesmas para a infiltração do excesso de água de precipitação no subsolo, manutenção da qualidade do ar e conforto térmico.
- Manutenção de fragmentos remanescentes de vegetação nativa ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, com o objetivo de minimizar a exposição do solo, a remobilização de materiais inconsolidados e a incidência de processos erosivos.
- Construção de parques lineares ecológicos ao longo de cursos d'água.
- Controle de processos erosivos, laminares e lineares, para diminuir o assoreamento de cursos d'água e de canais de drenagem e a suspensão de materiais particulados.
- Controle sistemático da poluição difusa (drenagem urbana e rural).

- Racionalização da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas em atividades agrícolas, sobretudo monoculturas, desenvolvidas ao longo da bacia, com o intuito de minimizar a lixiviação desses compostos no interior de cursos d'água.
- Incentivar, principalmente em novos loteamentos de São Carlos (SP) e de Ibaté (SP), a implantação de dispositivos que favorecem a infiltração do excesso de água de precipitação no subsolo, a montante de pontos de ocorrência de enchentes e inundações urbanas. Ex.: planos de infiltração, trincheiras e pavimentação permeável (áreas de tráfego pouco intenso – ex.: estacionamentos).
- Recuperar, onde houver possibilidade, as condições naturais dos rios da bacia.
- Trabalhar com a estabilização de taludes laterais, principalmente em encostas com declividade acentuada e sem cobertura vegetal, para minimizar a geração de sedimentos e o subsequente assoreamento de cursos d'água. Técnicas que podem ser empregadas: gabiões, muros de arrimo, jateamento, curvas de nível, cortinas atirantadas e revegetação com gramíneas.
- Trabalhar com a educação ambiental e sanitária da população residente na bacia, levando-se em consideração o conceito de “bacia hidrográfica”.
- Recuperação de áreas degradadas, principalmente as que são decorrentes de atividades minerárias (ex.: extração de areia) – recuperação das condições do meio físico e revegetação.
- Monitoramento permanente da qualidade da água e do ar com o uso de tecnologias avançadas – sondas multiparamétricas, estações e plataformas de monitoramento em tempo real.
- Mapeamento de áreas contaminadas, principalmente as que são decorrentes da atuação de postos de combustíveis (contaminação por derivados de petróleo) e de indústrias, para a posterior remediação.
- Introdução de corredores ecológicos na bacia hidrográfica, para possibilitar fluxo gênico entre fragmentos florestais isolados.
- Controle de fontes pontuais e não pontuais de contaminação e eutrofização dos mananciais da bacia.
- Controle sistemático dos usos do solo na bacia, para minimizar a incidência de impactos diversificados.

- Integração entre gerentes, tomadores de decisão, cientistas e população em geral para o desenvolvimento e evolução das atividades de gestão na bacia.

Quando se trabalha com a gestão e com a recuperação de uma bacia hidrográfica, é fundamental a adoção de novas abordagens, tais como a mudança gradual de um gerenciamento local, setorial e de resposta a crises para um gerenciamento integrado, preditivo e em nível de ecossistema. Isto significa um gerenciamento mais efetivo e que terá reflexos diretos sobre a qualidade da bacia hidrográfica como um todo e sobre a qualidade da água dos mananciais (IEGA, 2009).

Conservação dos mananciais, controle de poluição e eutrofização, diminuição dos fluxos e interferência nos ciclos biogeoquímicos são algumas medidas estruturais que promovem avanços significativos na qualidade dos recursos naturais das bacias hidrográficas e nos serviços oferecidos pelos ecossistemas para o bem estar humano (IEGA, 2009).

Na Figura 35 pode-se verificar os principais aspectos norteadores da gestão ambiental de bacias hidrográficas, voltados para a sustentabilidade dos recursos naturais e para a qualidade de vida das populações residentes nas bacias, os quais podem ser diretamente aplicados na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.

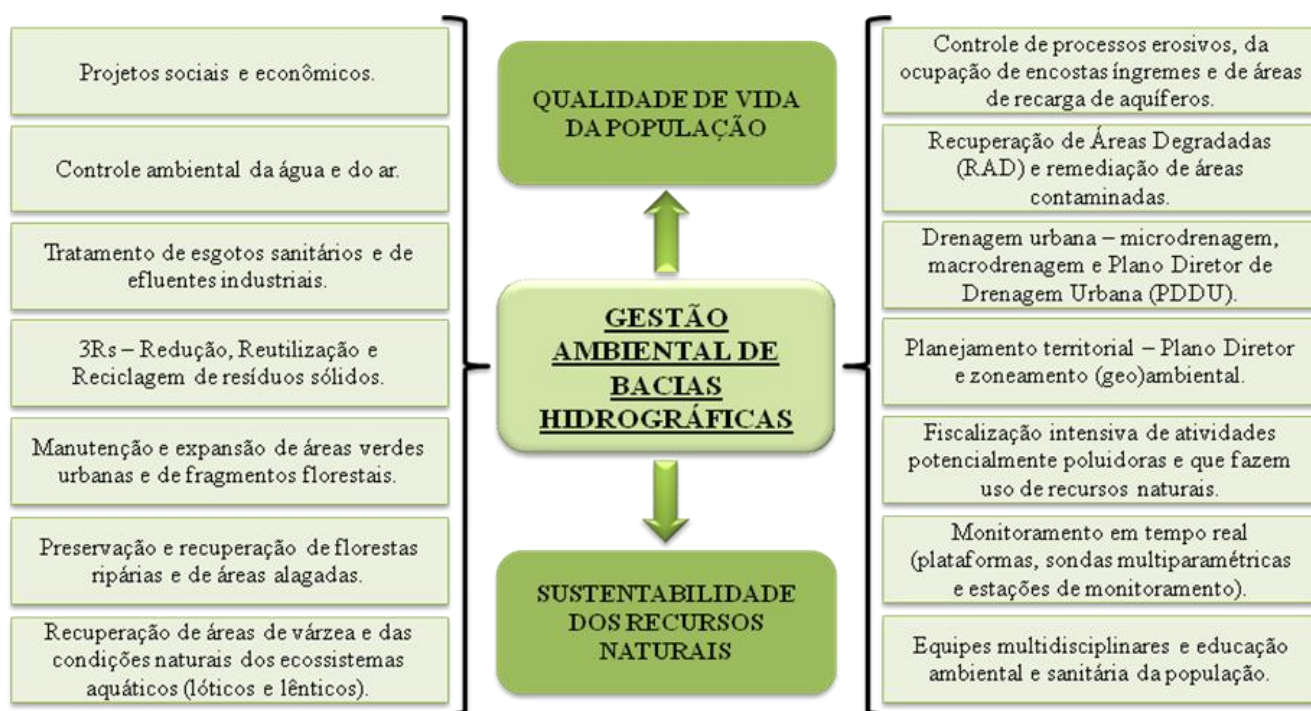


FIGURA 35: Principais aspectos norteadores da gestão ambiental de bacias hidrográficas, voltados para a sustentabilidade dos recursos naturais e para a qualidade de vida das populações residentes nas bacias. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

Nas atividades de gestão e de recuperação de bacias hidrográficas, com destaque para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, também é possível a adoção de ecotecnologias, em consonância com as tecnologias convencionais, e a utilização do conceito de ecohidrologia.

As ecotecnologias tratam da integração de tecnologias ambientais com tecnologias convencionais de forma mais pontual. Como exemplo pode-se citar o uso de florestas ripárias ou áreas alagadas para proteger, controlar e diminuir o impacto de poluentes sobre os ecossistemas aquáticos continentais em articulação com sistemas de tratamento e outras tecnologias convencionais (Straskraba & Tundisi, 2008) – tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais (Estações de Tratamento), aterramento de resíduos sólidos domésticos (aterros sanitários e aterros sanitários de pequeno porte), etc.

No que diz respeito à utilização do conceito de ecohidrologia na gestão e na recuperação de bacias hidrográficas, o mesmo refere-se ao entendimento integrado dos processos hidrológicos e ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, os quais se relacionam entre si (MORAES, 2009).

Ecohidrologia também pode ser definida como o estudo das interrelações funcionais entre hidrologia e biota aquática. Esta última, de acordo com Zalewski (2000) *apud* Moraes (2009), corresponde a um importante componente regulador do ciclo da água e dos próprios nutrientes que entram nos ecossistemas aquáticos.

Pode-se afirmar também que o princípio básico da ecohidrologia corresponde à utilização da própria dinâmica de funcionamento dos ecossistemas como fundamento para o controle de contaminação e de poluição e também para a gestão da bacia hidrográfica.

A base conceitual para a intervenção ecohidrológica em uma bacia hidrográfica é estruturada a partir das seguintes hipóteses:

- A regulação de parâmetros hidrológicos na bacia hidrográfica pode ser utilizada para o controle de processos biológicos;
- A estrutura biológica e a forma desta estrutura em uma bacia hidrográfica podem ser aplicadas na regulação de processos hidrológicos;
- Os dois tipos de regulação citados podem ser utilizados, de maneira sinérgica, na bacia hidrográfica, para possibilitar o gerenciamento sustentável de recursos hídricos, assegurando água em quantidade e qualidade adequadas para os diferentes usos (ZALEWSKI, 2007).

Como exemplo da aplicação do conceito de ecohidrologia pode-se citar a influência da cobertura vegetal, com destaque para as florestas ripárias, sobre os processos hidrológicos de ecossistemas aquáticos continentais, pelo fato de que a vegetação minimiza a incidência de processos erosivos ao longo de margens de cursos d'água, o assoreamento, que reduz a capacidade desses cursos d'água de suportarem acréscimos de vazão nas cheias, a sedimentação e a própria lixiviação de poluentes e contaminantes provenientes de áreas urbanas e agrícolas.

Um segundo exemplo da interação entre processos hidrológicos e ecológicos em uma bacia hidrográfica, ainda no contexto do conceito de ecohidrologia, refere-se à influência de variáveis hidrológicas, tais como precipitação, vazão e evapotranspiração, sobre processos ecológicos nos sistemas aquáticos e terrestres. Da mesma forma, os processos ecológicos também influenciam o comportamento das variáveis hidrológicas ligadas ao ciclo da água (MORAES, 2009).

Um último exemplo da aplicação do conceito de ecohidrologia consiste na utilização da comunidade de macrófitas aquáticas, com raízes flutuantes ou submersas, de ecossistemas aquáticos continentais para a retenção de materiais em suspensão que entram nesses sistemas. A retenção desses materiais particulados possui implicações diretas sobre a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos, tais como: diminuição da turbidez e redução dos custos de tratamento para a retirada de materiais em suspensão (IIEGA, 2009).

Dentro das cidades pode-se trabalhar com a ecohidrologia aplicada a rios urbanos e na conservação e recuperação de áreas de várzea (leitos naturais de inundação de ecossistemas aquáticos lóticos e importantes áreas de reciclagem biogeoquímica) (IIEGA, 2009).

Por último, outro conceito atual que também pode ser utilizado para subsidiar a gestão e a recuperação de bacias hidrográficas, com destaque para a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, é o de serviços do ecossistema, o qual corresponde aos benefícios diretos e indiretos propiciados pelos recursos naturais.

Alguns exemplos de serviços oferecidos pelo ecossistema que podem ser citados são: regulação do clima, sequestro de carbono, polinização, controle biológico, manutenção da biodiversidade, suprimento de água, regulação de nutrientes e de ciclos biogeoquímicos, regulação da qualidade da água, recreação, etc.

De acordo com IIEGA (2009), a valoração dos serviços oferecidos por um ecossistema, além de facilitar o delineamento de prioridades para a manutenção de

serviços ecossistêmicos essenciais para o bem estar humano, estimula a elaboração de projetos visando a conservação e a proteção desses serviços essenciais.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos componentes e atributos do meio físico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho mostrou que aproximadamente 61% da área da bacia apresentam características que propiciam o processo de ocupação urbana.

Apesar disso, é fundamental que critérios técnicos sejam adotados durante o processo de ocupação urbana, com o intuito de minimizar impactos ambientais sobre o meio físico, sobre os fragmentos remanescentes de vegetação nativa existentes na bacia, incluindo as florestas ripárias e as áreas alagadas, e sobre os cursos d'água pertencentes à bacia. Estes últimos já apresentam um quadro significativo de degradação, em decorrência das atividades urbanas e rurais existentes ao longo da bacia.

Convém ressaltar que a bacia hidrográfica do rio do Monjolinho possui importância estratégica para o município de São Carlos (SP), uma vez que quase todo o seu perímetro urbano encontra-se inserido na bacia e que as águas das cabeceiras do rio do Monjolinho são utilizadas para o abastecimento público de água potável de parcela significativa da população residente no município.

No que diz respeito à gestão ambiental e à recuperação da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, além das propostas convencionais de gestão ambiental citadas neste trabalho, as quais devem ser aplicadas de maneira descentralizada na bacia, sugere-se que os gestores e planejadores ambientais insiram novos conceitos e conhecimentos em suas atividades, visando a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem estar da população residente na bacia. Alguns exemplos de novos conceitos e conhecimentos que podem ser empregados nas atividades de gestão são: ecotecnologias (integração entre tecnologias ambientais e tecnologias convencionais); ecoidrologia (entendimento integrado de processos hidrológicos e ecológicos dos ecossistemas aquáticos); recuperação das condições naturais dos ecossistemas aquáticos, incluindo as áreas de várzea (leitos naturais de inundação de cursos d'água e importantes áreas de reciclagem biogeoquímica); monitoramento em tempo real (estações e plataformas de monitoramento).

As principais porções da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho que devem ser restringidas durante o processo de ocupação urbana são as que abrigam encostas íngremes (a remoção da cobertura vegetal e a ocupação destas áreas podem oferecer

riscos geotécnicos), áreas de mananciais (a degradação destas áreas pode comprometer o abastecimento público de água potável da população), áreas de recarga de aquíferos (áreas passíveis de contaminação por metais pesados, derivados de petróleo, pesticidas, herbicidas, etc.) e terrenos arenosos (apresentam alta erodibilidade).

Por último, a Carta Final de Zoneamento (Geo)ambiental Analítico – aptidão ao processo de ocupação urbana – produzida no contexto deste trabalho poderá ser utilizada, em consonância com os planos diretores dos municípios de São Carlos (SP) e de Ibaté (SP), para balizar o processo de ocupação urbana na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, minimizando impactos socioambientais e riscos geotécnicos. Neste caso, a atuação conjunta dos dois municípios na bacia pode gerar resultados mais efetivos, principalmente no que diz respeito à gestão ambiental e recuperação da bacia, à elaboração de políticas públicas, à sustentabilidade dos recursos naturais e à qualidade de vida da população.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. L. **Mapeamento geotécnico preliminar da área de expansão urbana de São Carlos – SP: contribuição ao planejamento.** Dissertação (Mestrado – Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

ALBUQUERQUE FILHO, J. L. **Subsídios ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do sistema aquífero Guarani no Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2011.

BARBOSA, M. C.; CARVALHO, A. M. de; IKEMATSU, P.; FILHO, J. L. A.; CAVANI, A. C. M. Avaliação do perigo de contaminação do Sistema Aquífero Guarani em sua área de afloramento do Estado de São Paulo decorrente das atividades agrícolas. In: **Águas Subterrâneas**, vol. 25, n.1, p.1-14, 2011.

BERE, T. & TUNDISI, J. G. Episammic diatoms in streams influenced by urban pollution. In: **Brazilian Journal of Biology**, vol. 70, n. 4, p. 921-930, 2010.

BERE, T. **Assembleias de diatomáceas como indicadores de condições de campo e de laboratório em sistemas lóticos: conservação e gestão da qualidade da água na captação de São Carlos – SP, Brasil.** Tese (Doutorado – Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG.** Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.

BRASIL – Agência Nacional das Águas. **Atlas de abastecimento urbano de água.** Apresenta informações sobre o abastecimento urbano de água nos municípios brasileiros. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.asp>>. Acesso em 18 jul. 2012.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Apresenta informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 17 dez. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 dez. 2011.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 09 jan. 2012.

CANÇADO, C. J. & LORANDI, R. Zoneamento ambiental conceitual da expansão das atividades antrópicas relacionada ao processo de inundação da bacia hidrográfica do Rio Bonito (SP). In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. R. **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos: Ed. Rima, 2004.

CAMPAGNA, A. F.; FRACÁCIO, R.; RODRIGUES, B. K.; ELER, M. N.; VERANI, N. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Analyses of the sediment toxicity of Monjolinho river, São Carlos, São Paulo State, Brazil, using survey, growth and Gill morphology of two fish species (*Danio rerio* and *Poecilia reticulata*). In: **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol. 51, n. 1, p. 193-201, 2008.

CAMPANELLI, L. C. & AMORIM, S. V. de. **Levantamento de condições ambientais – estudo de caso: córrego do Monjolinho**. In: VII Encontro de Extensão, durante a 8ª Jornada Científica e Tecnológica da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, 2009.

CENDRERO, A. Mapping and evaluation of costal areas for planning. In: **Ocean and Shoreline Management**, vol. 12, p. 427-462, 1989.

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL – CDCC. **Biologia e educação ambiental**. Apresenta informações sobre a bacia hidrográfica do córrego do Gregório. Disponível em: <<http://www.cdcc.usp.br/bio/greginicial.htm>>. Acesso em: 16 set. 2012.

CHIBA, W. A. C.; PASSERINI, M. D.; BAILO, J. A. F.; TORRES, J. C.; TUNDISI, J. G. Seasonal study of contamination by metal in water and sediment in a sub-basin in the Southeast of Brazil. In: **Brazilian Journal of Biology**, vol. 71, n. 4, p. 833-843, 2011.

CONWAY, T. M. & LATHROP, R. G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. In: **Landscape and Urban Plannig**, vol. 71, p. 1-15, 2005.

CÔRTEZ, M. R.; RIGHETTO, G. M.; LEONELLI, G. C. V.; FERNANDES, A. C. de A. Uso e ocupação da terra na área urbana. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.

- COSTA, T. C. D. **Mapeamento geotécnico da porção NE de Campinas – SP – escala 1:25.000**. Dissertação (Mestrado – Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.
- DIEGUES, A. C. S. Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e dos recursos naturais. In: **Cadernos FUNDAP**, vol. 16, p. 33-45, 1989.
- DORNELLES, C. T. A. **Percepção ambiental: uma análise na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**, São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado – Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- ESPÍNDOLA, E. L. G. O rio do Monjolinho: um estudo de caso. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.
- FALEIROS, C. de A. R. J. **Zoneamento geoambiental da bacia do rio Fartura: abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo – SP, São Sebastião da Gramma – SP, Vargem Grande do Sul – SP e Águas da Prata – SP, na escala 1:50.000**. Tese (Doutorado – Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
- FIORI, A. P.; GAMA JR., E.; CAETANO, M. R. **Mapa fotogeológico da região de São Carlos**. Escala 1:100.000, 1976.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GOMES, W. S.; SERIKAWA, W. de S.; DANTAS-FERREIRA, M.; LORANDI, R. **Inventário de processos erosivos em área urbana**. In: Congresso Nacional de Geotecnia, 2012, Lisboa – Portugal. Anais do 13o. Congresso Nacional de Geotecnia. Lisboa - Portugal: Sociedade Portuguesa de Geotecnia, p. 1-12, 2012.
- GRIFFITH, J. J. *et al.* **Roteiro metodológico para zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa / IBAMA / Programa Nacional de Meio Ambiente, 1995.
- HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. de. Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.
- INÊS, E. B. **Zoneamento (geo)ambiental sintético da microbacia do córrego da Prata – Descalvado (SP)**. Descalvado: Unicastelo, 2010. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.
- INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA E GERENCIAMENTO AMBIENTAL - IIEGA. **Manual de gerenciamento de bacias hidrográficas**. São Carlos: Ed. Cubo, 2009.
- IRITANI, M. A. & EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente – SMA, 2008.
- LIKENS, G. Biogeochemistry, the watershed approach: some uses and limitations. In: **Marine and Freshwater Research**, vol. 52, n. 1, p. 5-12, 2001.

LISBOA, A. de M. & FERREIRA, G. C. Zoneamento geoambiental aplicado ao planejamento da gestão ambiental e territorial do município de Colorado D'Oeste, RO. In: **Geociências**, vol. 30, n. 2, p. 219-235, 2011.

LOPES, M. M.; SILVA, M. C.; TEIXEIRA, D. **O comitê da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu e sua contribuição para a gestão dos recursos hídricos**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13o. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

LORANDI, R.; JUNQUEIRA, C. de A. R.; MORAES, M. E. B. de. **Zoneamento geoambiental do município de Cordeirópolis**. In: 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, Maringá, 2010.

LORANDI, R.; TAKEMOTO, F.; SALVADOR, N. N. B.; TORRESAN, F. E. Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). In: **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 53, p. 111-117, 2001.

MACIEL, G. de C. Geologia e geomorfologia. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.

MARINELLI, C. E.; MORETTO, E. M.; BRUCHA, G.; LUCCA, J. V. de. Limnologia. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Tipos de Zoneamento**. Apresenta informações sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=28&idConteudo=8222&idMenu=8783>>. Acesso em: 26 dez. 2011.

MORAES, L. A. F. de. A visão integrada da ecologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. In: **Oecologia Brasiliensis**, 13(4), p. 676-687, 2009.

MORAES, M. E. B. de. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP)**. Tese (Doutorado – Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

MORAES, M. E. B. de & LORANDI, R. Aplicação da abordagem sintética para o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado (SP). In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. R. **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos: Ed. Rima, 2004.

MOSCHINI, L. E. **Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do médio Mogi-Guaçu superior**. Tese (Doutorado – Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2ª ed., 2003.

MURO, M. D. **Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado – Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos**. Dissertação (Mestrado – Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

ONTIVERO, M.; VEGA, J. M.; CASCÓN, V. G.; ECHAVARRÍA, P. Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altamira mediante Sistemas de Información Geográfica. In: **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 8, p. 251-280. 2008.

PÉREZ-PORTILLA, E. & GEISSERT-KIENTZ, D. Zonificación agroecológica de sistemas agroflorestales: el caso café (*Coffea arabica*) – palma camedor (*Chamaedorea elegans*). In: **Asociación Interciencia Venezuela**, v. 31, n. 8, p. 556-562, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Utilidade pública**. Apresenta informações sobre o plano diretor do município de São Carlos (SP). Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/plano-diretor.html>> Acesso em: 12 dez. 2011.

RAMPAZZO, S. E.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C. Zoneamento ambiental conceitual para o município de Erechim, RS. In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. R. **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos: Ed. Rima, 2004.

REIS FILHO, R. W. **Hormônios estrógenos no rio do Monjolinho, São Carlos – SP: uma avaliação da problemática dos desreguladores endócrinos ambientais**. Tese (Doutorado – Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

RHÖM, S. A. **Sistemas de informações geográficas aplicadas ao planejamento e gestão ambiental**. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil, 2010, 50 p. Apostila.

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – SAAE. **Estação de Tratamento de Água (ETA)**. Apresenta informações sobre o abastecimento de água potável no município de São Carlos (SP), incluindo informações sobre as captações. Disponível em: <<http://www.saaesaocarlos.com.br/index.php/eta>>. Acesso em: 05 set. 2012.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O. & EUGENIO, F. C. **ArcGis 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SANTOS, M. G. dos; CUNHA-SANTINO, M. B. da; BIANCHINI JÚNIOR, I. Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho (campus da UFSCar). In: **Oecologia Australis**, 15(3), p. 682-696, 2011.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2004.

SÃO CARLOS. **Cartas ambientais do município de São Carlos**. Prefeitura Municipal de São Carlos: Edição Comemorativa do Sesquicentenário – 150º aniversário, 2007.

SÃO CARLOS. **Lei nº 13.944, de 12 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos – APREM. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/concursos2009/lei%2013944_06%20-%20texto.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2011.

SÃO PAULO. **Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1994_Lei_Est_9034.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

SCHIAVETTI, A. & CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas**. Bahia: Editora da UESC, 2002.

SÉ, J. A. S. **O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos**: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo. Dissertação (Mestrado – Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SILVA, J. dos S. V. da; ABDON, M. de M.; PARANAGUÁ, P. A. Remanescentes de vegetação. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.

SILVEIRA, V. F. Geoprocessamento como instrumento de gestão ambiental. In: PHILIPPI JR., ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Comitês de bacias**. Apresenta informações sobre o gerenciamento de recursos hídricos e sobre os comitês de bacias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>>. Acesso em: 26 set. 2010.

SOUZA, A. B. **Avaliação da qualidade ambiental nas nascentes do rio Monjolinho na porção à montante da Estação de Captação de Água do Espriado, São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado – Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SOUZA, P. A. P.; SANTOS, M. B. dos; PALHARES, J. C. Pedologia. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho**. São Carlos: Ed. Rima, 2000.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography**. In: Bulletin Geological Society of America, vol. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

STRASKRABA, M. & TUNDISI, J. G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Gerenciamento da qualidade da água de represa. São Carlos: IIE/ILEC, 2008.

TANG, Z.; ENGEL, B. A.; PIJANOWSKI, K. J.; LIM, K. J. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. In: **Journal of Environmental Management**, vol. 76, p. 35-45, 2005.

TORRES-ÁLVAREZ, O. & PEÑA-CORTÉS, F. Zonificación del potencial energético de la biomasa residual forestal en la cuenca del lago Ranco, Chile. Antecedentes para la planificación energética regional. In: **Bosque**, vol. 32, n. 1, p. 77-84, 2011.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e recursos hídricos. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

TUCCI, C. E. M. & MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Qualidade Ambiental) e Rhama Consultoria Ambiental, 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentado a escassez. São Carlos: Ed. Rima, 2005.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. In: **Biota Neotropica**, vol. 10, n. 4, p. 67-76, 2010.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNDISI, J. G. & SCHEUENSTUHL, M. C. B. La política hídrica em Brasil. In: CISNEROS, B. J. & TUNDISI, J. G. **Diagnóstico del agua en las Américas**. Interamerican Network of Academies of Sciences – IANAS, 2012.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. Tese (Doutorado – Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology in the face of the Anthropocene. In: **Ecohydrology & Hydrobiology**, vol. 7, n. 2, p. 99-100, 2007.

ZUQUETTE, L. V. **Mapeamento geotécnico preliminar da região de São Carlos**. Dissertação (Mestrado – Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.

ZUQUETTE, L. V. & GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE 01

APÊNDICE 01: Ilustrações da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.



FIGURA 1: Ilustração esquemática dos pontos fotografados ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho, especificamente dentro e no entorno do perímetro urbano de São Carlos (SP).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 2: Iniciativa de recomposição de mata ciliar no rio do Monjolinho em região de transição entre área rural e área urbana de São Carlos (SP). Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 3: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Espraiado, na região do Parque Ecológico de São Carlos Dr. Antonio Teixeira Vianna. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 4: Reservatório do Monjolinho localizado no interior do *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos (SP). Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 5: Despejo de esgoto sanitário no rio do Monjolinho nas proximidades da Rua Bernardino Fernandes Nunes, dentro do perímetro urbano de São Carlos (SP).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 6: Obra de macrodrenagem na região da confluência do córrego Santa Maria Madalena com o rio do Monjolinho, nas proximidades do Parque do Kartódromo (São Carlos, SP).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 7: Bosque Cambuí – iniciativa de recomposição de mata ciliar com espécies nativas na sub-bacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena. Fonte: Leandro C. Campanelli (2010).



FIGURA 8: Bosque Santa Marta – fragmento urbano de Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecídua) localizado na sub-bacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 9: Contenção de margem em trecho do rio do Monjolinho, utilizando-se resíduos de construção e demolição, nas proximidades da confluência com o córrego Santa Maria Madalena.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 10: Confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Tijuco Preto, na qual verifica-se construção de canal sob o leito dos córregos para aumentar a velocidade de escoamento das águas, minimizando a incidência de inundações. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 11: Obra de destamponamento e de construção de canal sob o leito de trecho do córrego do Tijuco Preto na região da Avenida Trabalhador São-Carlense.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).



FIGURA 12: Obra concluída de destamponamento e de construção de canal sob o leito de trecho do córrego do Tijuco Preto na região da Avenida Trabalhador São-Carlense.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 13: Ponte construída sobre o rio do Monjolinho na região da Rua Oscar Jensen. No local da ponte havia uma tubulação que não suportou o rápido acréscimo de vazão sofrido pelo rio em função das chuvas. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 14: Área de Preservação Permanente (APP) localizada nas proximidades do rio do Monjolinho, na região da Avenida Francisco Pereira Lopes. Fonte: Leandro C. Campanelli (2010).



FIGURA 15: Obras de contenção e de estabilização de margens na região da confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Gregório. Os impactos ambientais associados às obras incluem: aporte de sedimentos para os corpos d'água, assoreamento e aumento da turbidez das águas.

Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 16: Processo de inundação urbana na região da confluência do rio do Monjolinho com o córrego do Gregório – prejuízos econômicos e sociais. Fonte: São Carlos Agora (2011).



FIGURA 17: Obras de contenção e de estabilização de margens no córrego do Gregório em frente ao SESC, incluindo a construção de canal sob o leito do córrego. Os impactos ambientais associados às obras incluem: aporte de sedimentos para o interior do córrego, assoreamento e aumento da turbidez das águas (prejuízos à biota aquática). Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 18: Contenção de margens e início da construção de canal sob o leito do córrego do Gregório nas proximidades do SESC. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 19: Destamponamento e construção de canal sob o leito do Córrego do Gregório, nas proximidades do Mercado Municipal de São Carlos, para minimizar inundações urbanas e prejuízos socioeconômicos. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 20: Trecho do córrego do Gregório, no qual verifica-se ausência de mata ciliar e de áreas de várzea (leitos naturais de inundação), marginais construídas em fundo de vale e intensa impermeabilização do solo urbano. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 21: Trecho do rio do Monjolinho localizado fora do perímetro urbano de São Carlos (SP), nas proximidades da barragem da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 22: Barragem da CPFL instalada no rio do Monjolinho, fora do perímetro urbano de São Carlos (SP). Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 23: Cachoeira do Monjolinho, localizada fora do perímetro urbano de São Carlos (SP), que deu origem à Usina Hidrelétrica do Monjolinho, a qual entrou em operação em 1893 e foi a primeira hidrelétrica construída no Estado de São Paulo pela Companhia de Luz Elétrica de São Carlos.
Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos (2012).



FIGURA 24: Reatores anaeróbicos de fluxo ascendente de manta de lodo – princípio de funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos de São Carlos (ETE Monjolinho), instalada em uma das margens do rio do Monjolinho. Fonte: Leandro C. Campanelli (2009).

Processos erosivos – voçorocas – incidentes na região da sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente (São Carlos, SP):



FIGURA 25: Processo erosivo – voçoroca – incidente em área de pastagem localizada na região da sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente – terrenos arenosos. Fonte: Gomes *et al.* (2012).



FIGURA 26: Voçoroca estabilizada localizada na região da sub-bacia hidrográfica do córrego da Água Quente (São Carlos, SP) – terrenos arenosos. Fonte: Gomes *et al.* (2012).

Formas de uso e cobertura do solo que também podem ser observadas ao longo da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho:



FIGURA 27: Área de solo exposto na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho decorrente de atividade minerária – exploração econômica de areia. Fonte: Leandro C. Campanelli (2011).



FIGURA 28: Cultivo de cana de açúcar (monocultura) em extensas áreas na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 29: Cultivo de cana de açúcar (monocultura) e reflorestamento com *Eucalyptus* na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).



FIGURA 30: Área de pastagem situada na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.
Fonte: Leandro C. Campanelli (2012).

Patrimônio histórico e cultural de São Carlos (SP) situado nas imediações do rio do Monjolinho – Fazenda Santa Maria do Monjolinho (reúne objetos e documentos do século XIX e início do século XX referentes ao ciclo cafeeiro):

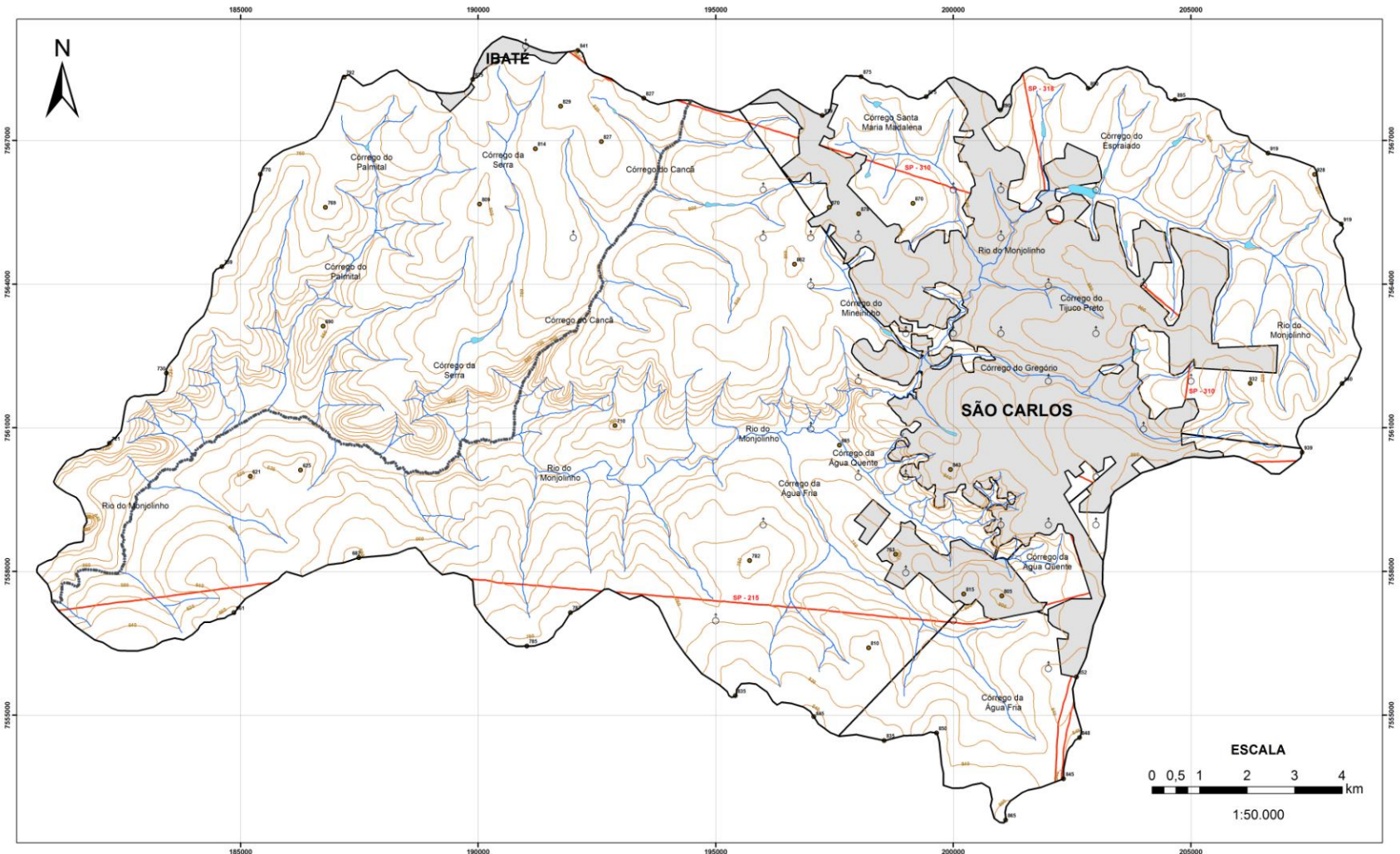


FIGURA 31: Sede da Fazenda Santa Maria do Monjolinho (São Carlos, SP) construída em 1887 – símbolo do poderio econômico do café. Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos (2012).



FIGURA 32: Antiga roda d'água pertencente à Fazenda Santa Maria do Monjolinho (São Carlos, SP).

APÊNDICE 02

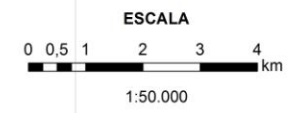
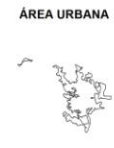



 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
MAPA CADASTRAL
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 02

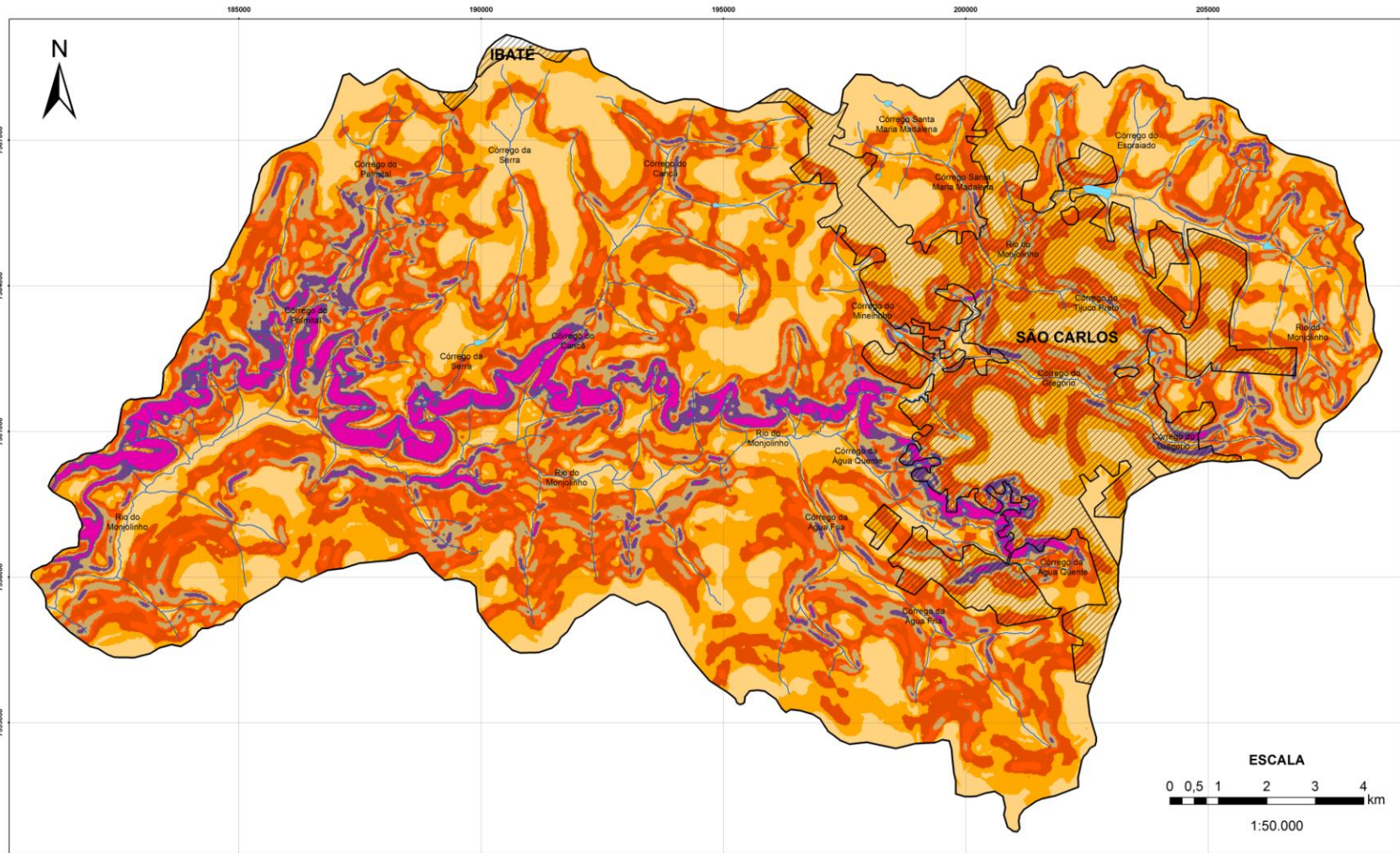
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas às constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000

Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

LEGENDA	
	Poços profundos
	Pontos Cotados
	Limite Municipal
	Nascentes e Lagos
	Hidrografia
	Limite da Bacia Hidrográfica
	Curvas de Nível
	Perímetro Urbano
	Redes de Transmissão de Energia Elétrica
	Rodovias principais



APÊNDICE 03

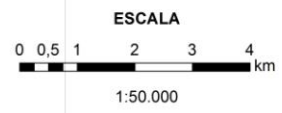


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
CARTA DE DECLIVIDADES
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 03

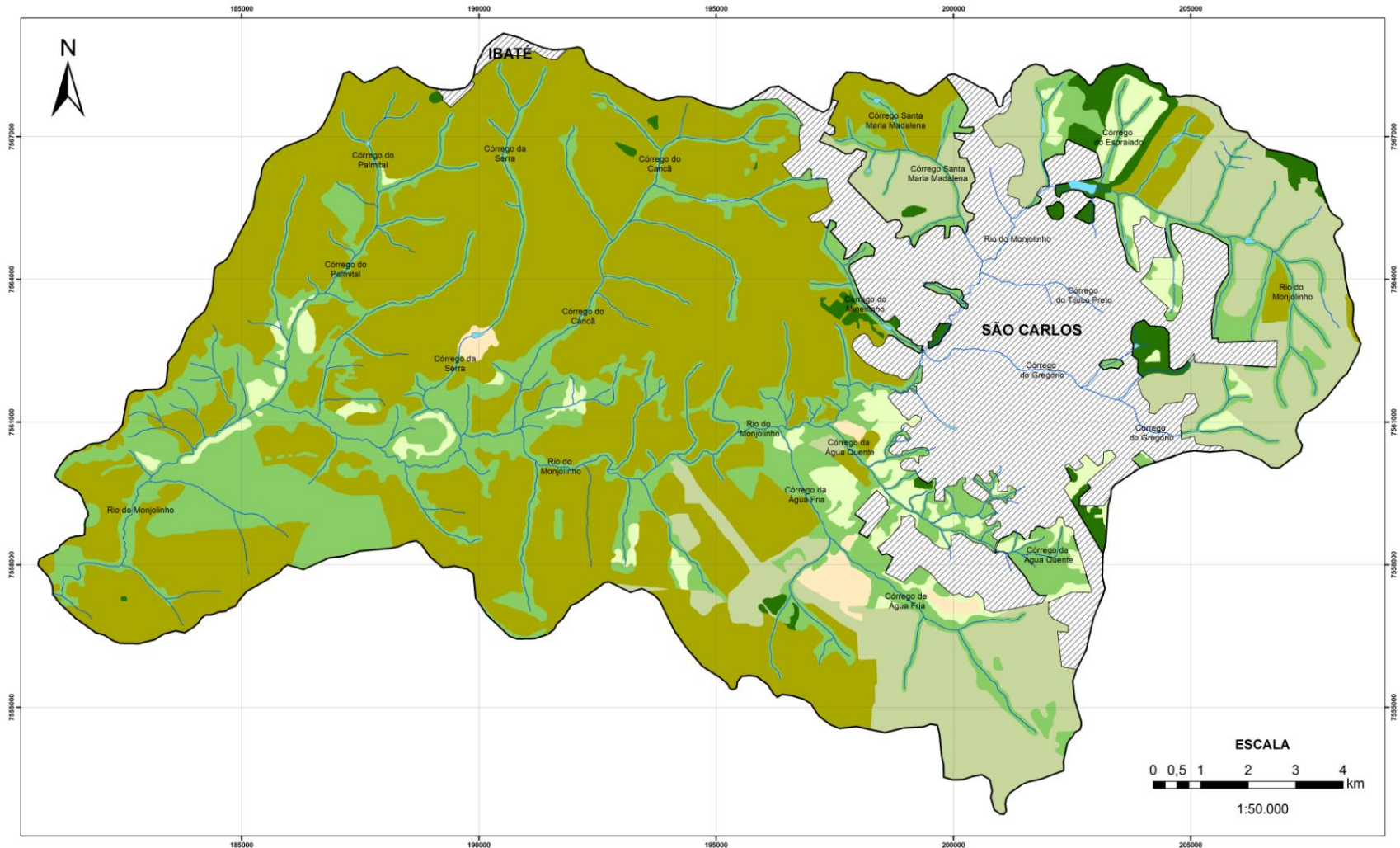
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000
 Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

LEGENDA

	0 - 5%		>45%
	5 - 10%		Perímetro Urbano
	10 - 15%		Limite da Bacia Hidrográfica
	15 - 20%		Nascentes
	20 - 30%		Represas e Lagos
	30 - 45%		Hidrografia



APÊNDICE 04



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA

Zonamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)

MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO

LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)

Sa Carlos/2012

APÊNDICE 04

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbuiba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000

Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

LEGENDA

- Cana de açúcar
- Capoeira
- Pastagem
- Reforestamento
- Solo exposto
- Vegetação nativa
- Perímetro Urbano
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Nascentes
- Represas e Lagos
- Hidrografia

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

LIMITES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO

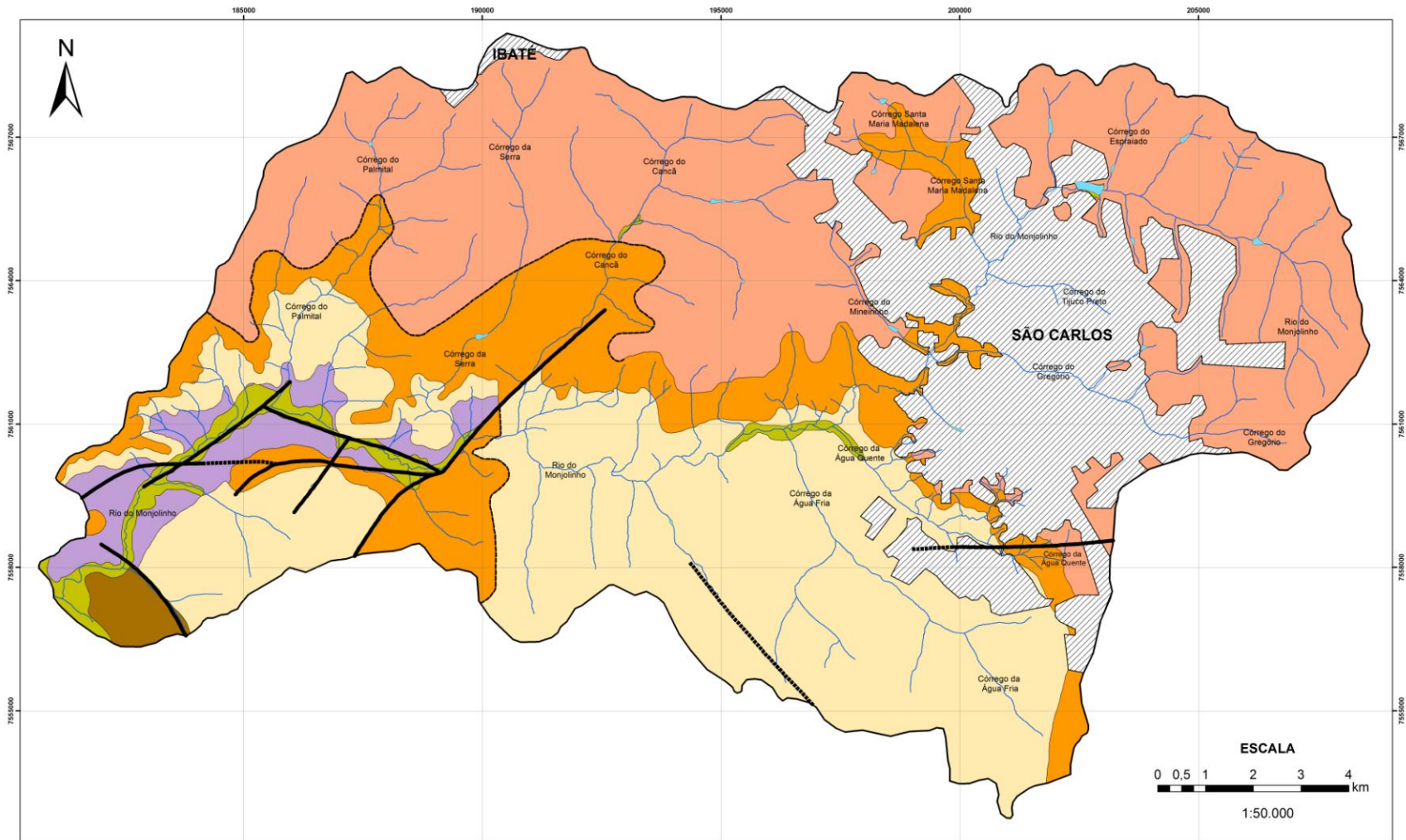
ÁREA URBANA

ESCALA

0 0,5 1 2 3 4 km

1:50.000












APÊNDICE 05





 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 05

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000
 Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

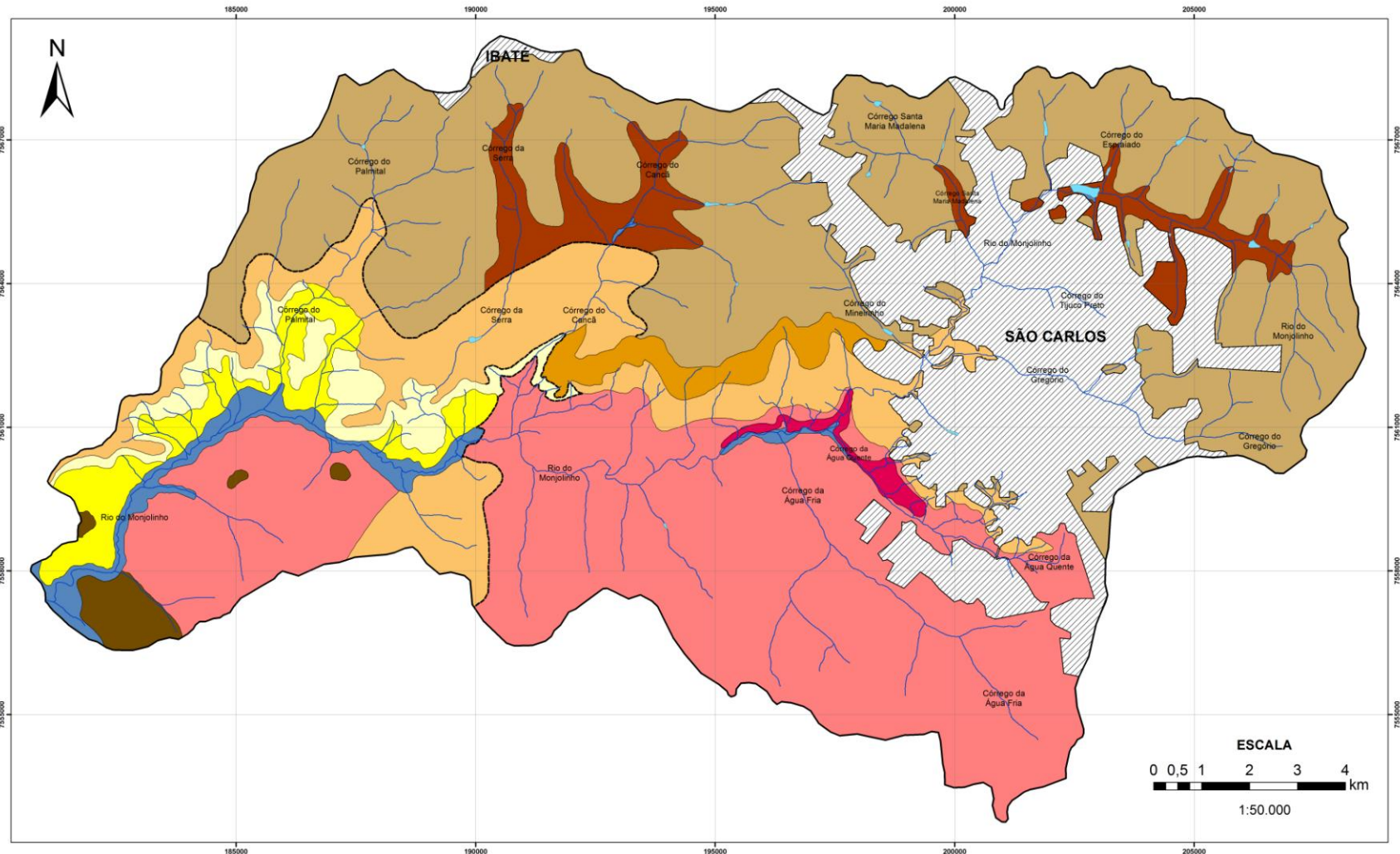
LEGENDA

	Quaternário		Perímetro Urbano
	Formação Adamantina (Grupo Bauru)		Contato definido
	Formação Serra Geral (Grupo São Bento)		Contato inferido
	Suites Básicas		Falha geológica definida
	Formação Botucatu (Grupo São Bento)		Falha geológica indefinida
	Formação Pirambóia		

<p>LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO</p> 	<p>LIMITES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO</p> 	<p>ÁREA URBANA</p> 
---	--	---

ESCALA

 1:50.000

APÊNDICE 06

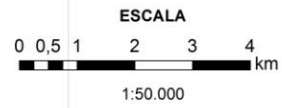



 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 06

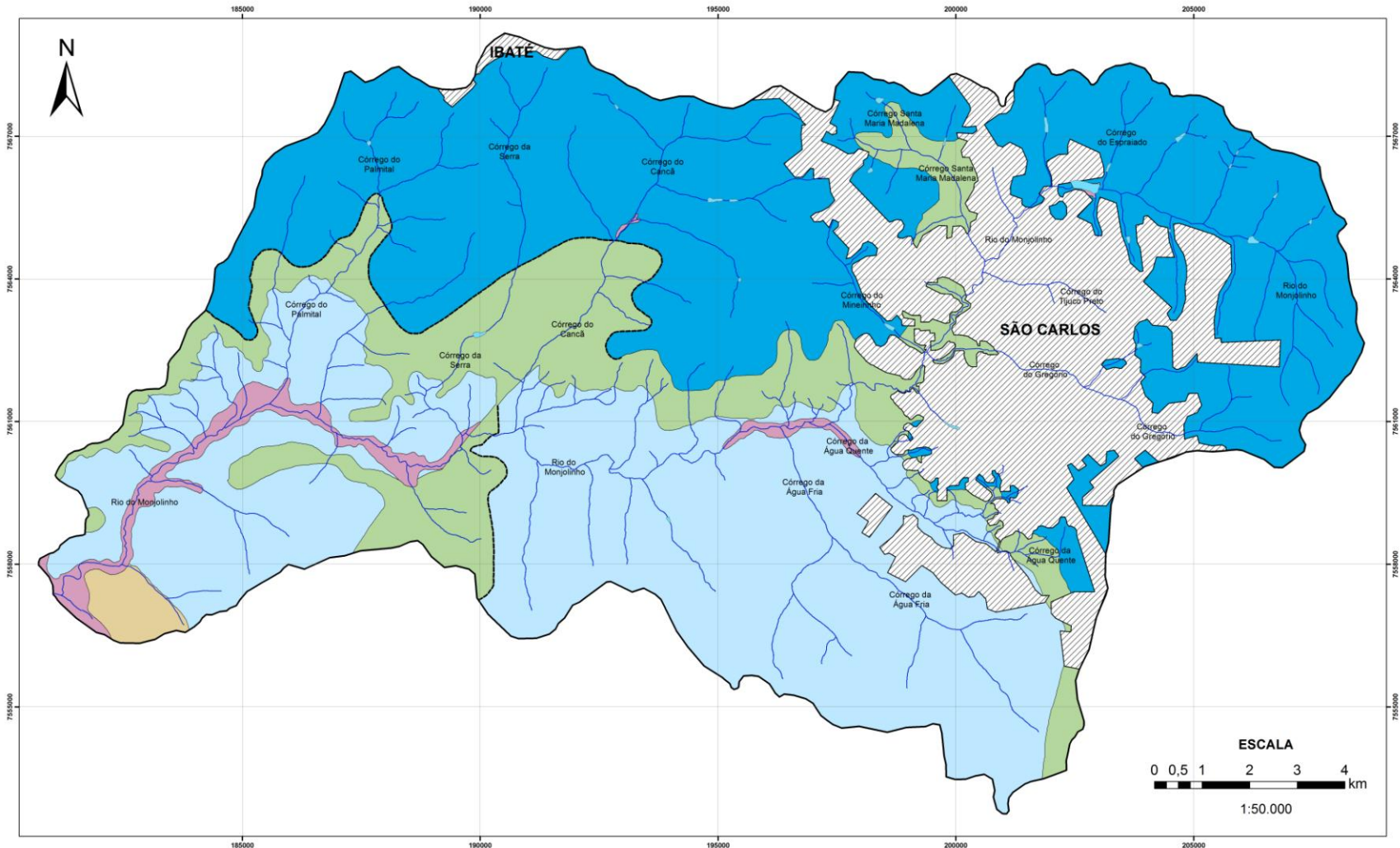
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000

Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

LEGENDA	
	Residual Intrusivas Básicas
	Aluvião
	Cobertura Residual da Formação Adamantina
	Cobertura Residual da Formação Serra Geral
	Cobertura dos Sedimentos Arenosos I
	Retrabalhado Arenoso I
	Retrabalhado Colúvionar
	Retrabalhado Arenoso II
	Retrabalhado Botucatu
	Aforamento de Rocha Sedimentar
	Perímetro Urbano
	Contato definido
	Contato inferido



APÊNDICE 07



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
MAPA DE UNIDADES AQUÍFERAS
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 07

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescentadas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000

Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.

LEGENDA

AQUÍFEROS SEDIMENTARES:

- Aquífero Bauru (Poroso e Livre)
- Aquífero Guarani (Poroso, Livre e Confinado)
- Aquífero Aluvionar (Poroso e Livre)

AQUÍFEROS FRATURADOS:

- Aquífero Serra Geral (Livre)
- Aquífero Fraturado (Livre)

Perímetro Urbano
 Contato inferido
 Contato definido

LOCALIZAÇÃO DA
 ÁREA NO ESTADO



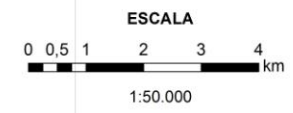
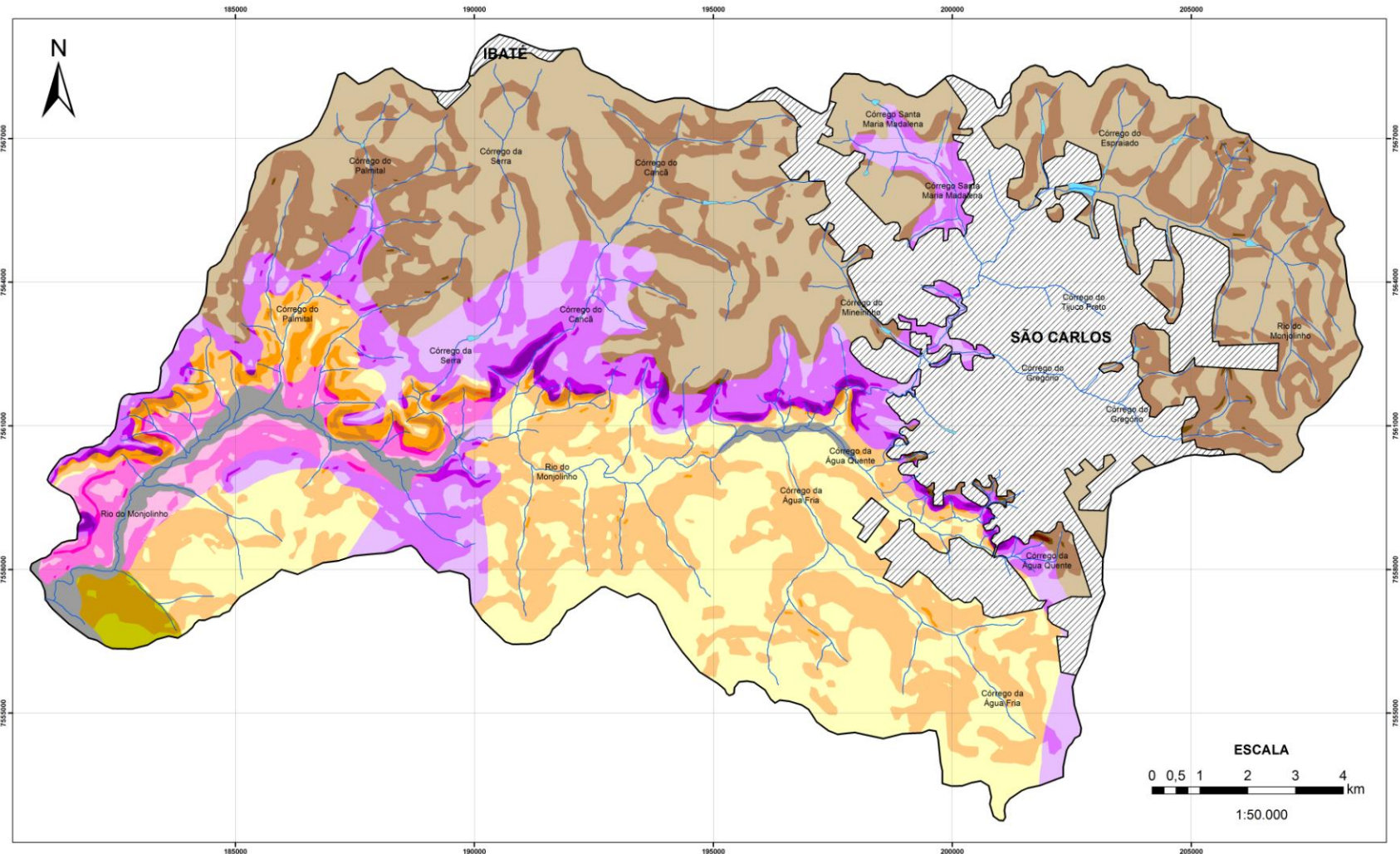
LIMITES DA BACIA HIDROGRÁFICA
 DO RIO DO MONJOLINHO



ÁREA URBANA



APÊNDICE 08



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO - UBCs
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE 06

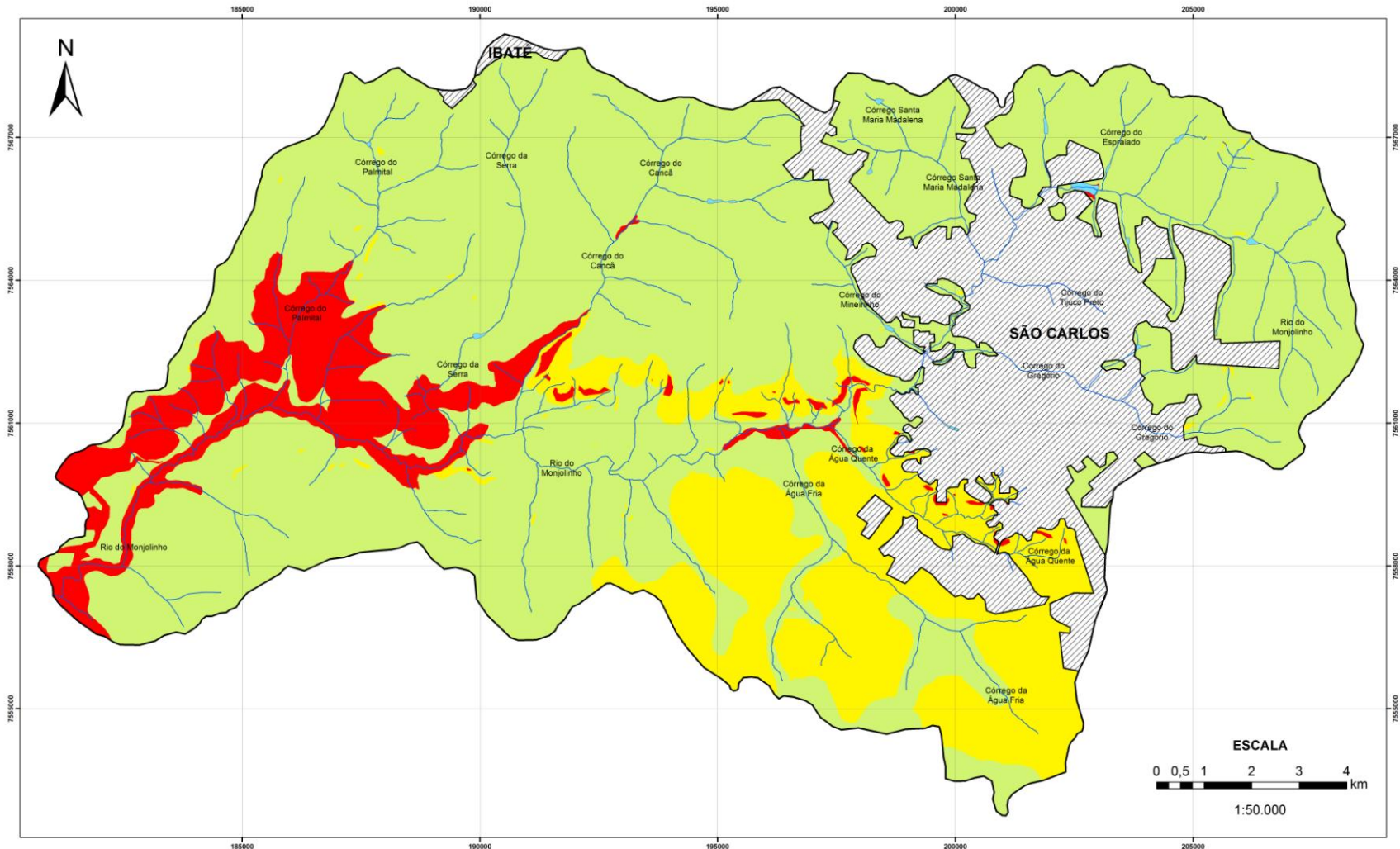
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000
 Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.


LEGENDA - UBCs

Q,QUAT,P	JCR,FSG,M 1 a 4	J.FBOT,MA 1 a 2
CS,FAD,P 1 a 2	JCR,FSG,MA 1 a 2	J.FBOT,CT
CS,FAD,C 1 a 3	JCR,SB,P	T.J.FPIR,P 1 a 2
CS,FAD,M 1 a 2	JCR,SB,C	T.J.FPIR,C 1 a 3
CS,FAD,MA 1 a 2	J.FBOT,P 1 a 3	T.J.FPIR,M 1 a 3
JCR,FSG,P 1 a 4	J.FBOT,C 1 a 3	T.J.FPIR,MA 1 a 2
JCR,FSG,C 1 a 3	J.FBOT,M 1 a 3	Perímetro Urbano



APÊNDICE 09




 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA URBANA
 Zoneamento (Geo)ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do
 Rio do Monjolinho - São Carlos (SP)
**CARTA FINAL DE ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO
 APTIDÃO AO PROCESSO DE OCUPAÇÃO URBANA**
 LEANDRO CONTRI CAMPANELLI
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)
 Setembro/2012
 APÊNDICE DE

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.
 acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG
 Escala: 1:50.000
 Estas informações são de cunho acadêmico,
 podendo ser utilizadas com ressalvas para outros fins.
 O zoneamento (geo)ambiental analítico realizado considerou
 somente componentes e atributos do meio físico.

LEGENDA

 Áreas Impróprias	 Nascentes
 Áreas Pouco Favoráveis	 Hidrografia
 Áreas Propícias	 Represas e Lagos
 Perímetro Urbano	 Limite da Bacia Hidrográfica

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO 	LIMITES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO 	ÁREA URBANA 
---	--	---

ANEXO 01

MONJOLINHO

Sou o Monjolinho.
Nasci de cristalinos olhos d'água.
Rasguei meu leito entre vales e colinas do
planalto central são-carlense.
Cobria-me as margens exuberante floresta tropical.
Debruçadas sobre meu leito pitangueiras em flor,
prateadas embaúbas, majestosas copaíbas,
capixinguis, guanandis e gabirobeiras.
Barulhentos bandos de araras, periquitos, gralhas e
tucanos disputavam os frutos.
Ariranhas, pacas, cutias, capivaras, guarás e
veados campeiros rondavam a mata à caça de alimento.
Alegres macacos completavam a cena silvestre.
Meu nome, Monjolinho, tem história na velha engenhoca
que produzia fubá e farinha para os cidadãos urbanos.
Cardumes de peixes revolviam-se nas turbulentas e
encachoeiradas águas em busca das sobras.
Tirei da escuridão ruas e praças da cidade (hidrelétricas – 1893).
Matei a sede da população por muitos e muitos anos.
Servi como fonte de energia espiritual: água benta, serenada,
purificada, fluidificada, água de Oxalá...
Serpenteando serra abaixo, entre cardos e seixos,
Vou ao encontro do Jacaré-Guaçu.
Era água viva, era vida. Era um rio!

Mudaram meu curso.
Mal consigo correr entre várzeas soterradas de areia.
Despiram-me do esplendor das matas.
Privaram-me do canto das aves.
Cortaram meu corpo para deleite humano (represas).
Carrego agrotóxicos, hormônios avícolas,
Resíduos animais, domésticos e industriais.
Apavora-me passar entre laboratórios e fábricas.
Levaram à morte os cardumes de peixes.
Canalizaram meu leito, dominaram meu corpo.
Sou a água que tudo leva e lava.
Não sou mais água. Não sou mais rio!
Sem vida, sou água contaminada.
Virei esgoto cachoeira abaixo.

Vejo matas, juncos, taboas, aguapés,
fios d'água escorrendo das rochas...
É a energia da natureza que purifica e vivifica.
Sinto a sensação de correr água em meu leito...
Voltar a ser água, a ser rio. Ser o Monjolinho.

São Carlos, 22 de março de 2003

Professor Benjamim Mattiazzi

ANEXO 02

ANEXO 02: Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais inconsolidados realizados por Muro (2000) para o município de São Carlos (SP), incluindo dados amostrados e descritos por Zuquette (1981) para a região de São Carlos (SP) e dados amostrados e descritos por Nishiyama (1991) para a quadrícula de São Carlos (SP).

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρ_s	ρ_d		
LM 28	100	10	3	-	2,62	1,71	0,53	Botucatu
LM 29	100	15	4	-	2,64	1,70	0,74	Botucatu
LM 30	100	12	4	-	2,63	1,72	0,72	Botucatu
LM 31	100	20	5	-	2,64	1,69	0,62	Botucatu
LM 32	100	5	1	-	2,64	1,69	0,68	Botucatu
LM 34	100	26	18	-	2,63	1,59	0,83	Retr. Aren. I
LM 35	100	23	12	-	2,64	1,78	0,82	Retr. Aren. I
LM 36	100	30	14	-	2,63	1,77	0,78	Retr. Aren. I
LM 37	100	22	10	-	2,63	1,79	0,85	Retr. Aren. I
LM 39	100	75	53	-	2,83	1,14	1,53	S. Geral
LM 40	100	80	60	-	2,91	1,38	1,56	S. Geral
LM 42	100	45	30	-	2,64	1,64	0,98	Retr. Aren. III

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LM 43	100	50	35	-	2,64	1,71	1,43	Retr. Aren. III
LM 44	100	82	65	-	2,66	1,26	1,51	S. Geral
LM 45	100	22	11	-	2,63	1,75	0,78	Retr. Aren. I
LM 46	100	75	56	-	2,73	1,50	1,56	S. Geral
LM 50	100	69	55	-	2,65	1,59	1,49	S. Geral
LM 51	100	35	20	-	2,69	1,45	0,75	Retr. Aren. II
LM 52	100	78	59	-	2,83	1,53	1,58	S. Geral
LM 53	100	25	18	-	2,63	1,75	1,42	Retr. Aren. I
LM 54	100	75	52	-	2,85	1,49	1,32	S. Geral
LM 55	100	27	21	-	2,64	1,72	1,49	Retr. Aren. I
LM 56	100	80	60	-	2,92	1,54	1,12	S. Geral
LM 74	100	87	55	-	2,75	1,55	0,98	S. Geral

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LM 77	100	10	3	-	2,64	1,73	0,70	Botucatu
LM 91	100	85	54	-	2,79	1,55	1,45	S. Geral
LM 101	100	65	45	-	2,69	1,52	1,56	S. Geral
LM 132	100	23	10	-	2,65	1,57	0,82	Retr. Aren. I
LM 146	100	67	46	-	2,72	1,46	0,89	S. Geral
LM 148	100	21	10	-	2,65	1,78	0,85	Retr. Aren. I
LM 149	100	15	12	-	2,63	1,54	0,78	Retr. Aren. I
LM 156	100	23	12	-	2,63	1,64	0,72	Retr. Aren. I
LM 157	100	29	20	-	2,63	1,43	0,59	Retr. Aren. I
LM 158	100	25	10	-	2,64	1,49	0,74	Retr. Aren. I
LN 141	100	17	14	1,70	2,63	1,59	0,65	S. Geral
LN 159	100	26	20	1,48	2,65	1,36	0,95	Retr. Aren. I

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LN 166	100	29	22	1,69	2,64	1,54	0,71	Retr. Aren. I
LN 202	100	45	30	1,49	2,64	1,26	1,10	Retr. Aren. III
LN 206	100	53	38	1,43	2,67	1,14	1,34	Retr. Aren. III
LN 428	100	14	13	1,69	2,62	1,60	0,64	Retr. Aren. I
LN 455	100	3	2	1,71	2,62	1,65	0,59	Botucatu
LN 495	100	66	45	1,53	2,86	1,14	1,51	S. Geral
LN 496	100	40	31	1,52	2,66	1,26	1,11	Bauru
LN 504	100	31	21	1,52	2,68	1,35	0,98	Bauru
LN 507	100	50	40	1,41	2,65	1,16	1,28	Retr. Aren. III
LN 508	100	20	13	1,75	2,64	1,59	0,66	Botucatu
LN 509	100	10	4	1,83	2,61	1,73	0,51	Botucatu
LN 516	100	27	21	-	-	-	-	Retr. Aren. I

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LN 517	-	-	-	1,58	2,65	1,41	0,88	Retr. Aren. I
LZ 01	100	50,32	39	-	2,68	1,67	-	Retr. Aren. III
LZ 02	100	52,62	42	-	2,68	1,56	-	Retr. Aren. III
LZ 03	100	50,62	40	-	2,65	1,60	-	Bauru
LZ 04	100	40,99	29	-	2,64	1,80	-	Bauru
LZ 05	100	46	31,50	-	2,68	1,83	-	Bauru
LZ 06	100	64,80	39	-	2,89	1,75	-	Bauru
LZ 07	95,89	54,27	41,50	-	2,77	1,6	-	Bauru
LZ 08	100	43,03	27	-	2,67	1,8	-	Bauru
LZ 10	100	39,20	-	-	2,7	1,9	-	Retr. Aren. III
LZ 11	100	87	56	-	2,95	1,4	-	S. Geral
LZ 12	100	46	31,50	-	2,81	1,83	-	Bauru

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LZ 13	100	65,84	23	-	3,11	1,38	-	Bauru
LZ 14	100	41,40	-	-	2,68	1,85	-	Bauru
LZ 15	100	18,60	15	-	2,72	1,99	-	Bauru
LZ 16	100	34,50	21	-	2,63	1,97	-	Retr. Aren. II
LZ 17	100	35,66	20	-	2,63	1,97	-	Retr. Aren. II
LZ 18	100	84,83	51	-	3,09	1,51	-	Retr. Aren. II
LZ 19	100	17,05	12	-	2,67	2	-	S. Geral
LZ 20	100	15,36	11	-	2,68	2,05	-	S. Geral
LZ 21	100	7,14	3,4	-	2,68	1,84	-	Retr. Aren. I
LZ 22	100	39	26	-	2,71	1,81	-	Bauru
LZ 23	100	30,40	16	-	2,72	1,92	-	Retr. Aren. III
LZ 24	100	46,75	33	-	2,71	1,76	-	Bauru

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LZ 25	100	62	38	-	2,73	1,56	-	Retr. Aren. III
LZ 26	100	42,70	27	-	2,71	1,86	-	Retr. Aren. III
LZ 27	100	45,24	37	-	2,7	1,74	-	Bauru
LZ 28	100	12,07	3	-	2,63	1,87	-	Bauru
LZ 29	100	41,82	31	-	2,72	1,89	-	Botucatu
LZ 30	100	29,94	17	-	2,76	1,92	-	Retr. Aren. I
LZ 31	100	43,28	31,8	-	2,74	1,95	-	Retr. Aren. I
LZ 32	100	28,53	23	-	2,66	1,91	-	S. Geral
LZ 33	100	32,6	23	-	2,67	1,93	-	Botucatu
LZ 34	100	32,40	24	-	2,76	1,94	-	Botucatu
LZ 35	100	16,21	10,2	-	2,64	1,94	-	Botucatu
LZ 36	100	35,20	26	-	2,68	1,82	-	Botucatu

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LZ 37	100	14,31	9,80	-	2,64	1,96	-	Botucatu
LZ 38	100	36,63	19	-	2,64	1,79	-	Retr. Aren. I
LZ 39	100	21,04	15	-	2,64	1,97	-	Retr. Aren. I
LZ 41	100	89,27	70	-	2,94	1,37	-	Botucatu
LZ 42	100	43,66	30,15	-	2,65	1,7	-	Bauru
LZ 43	100	69,18	-	-	2,66	1,62	-	Retr. Aren. III
LZ 44	100	59	-	-	2,65	1,59	-	Retr. Aren. III
LZ 45	100	70,55	46,20	-	2,87	1,52	-	S. Geral
LZ 46	100	65,88	46	-	2,83	1,63	-	S. Geral
LZ 48	100	13,42	9	-	2,63	1,94	-	Botucatu
LZ 49	100	35	-	-	2,76	1,96	-	Retr. Aren. I
LZ 50	100	22,02	16	-	2,66	1,89	-	S. Geral

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρ_s	ρ_d		
LZ 54	100	17,05	11,60	-	2,64	1,52	-	Retr. Aren. I
LZ 56	100	79	-	-	2,94	1,49	-	Retr. Aren. I
LZ 58	100	85,73	69	-	2,94	1,57	-	S. Geral

ANEXO 03

ANEXO 03: Poços profundos perfurados na bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos, SP) para a exploração de água subterrânea. Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) de Araraquara (SP) (2012).

NÚMERO	NOME DO POÇO	COORDENADA Y	COORDENADA X	PERFIL HIDROGEOLÓGICO
1	Jockey Clube	7566,50	200,45	0 – 8m Solo 8 – 36m Formação Adamantina 36 – 146m Formação Serra Geral 146 – 230m Formação Botucatu 230 – 356m Formação Pirambóia
2	Nova Estância	7564,72	202,42	0 – 25m Formação Adamantina 25 – 220m Formação Serra Geral 220 – 470m Formação Botucatu / Pirambóia
3	Vila Alpes	7560,73	203,07	0 – 28m Formação Itaqueri 28 – 44m Formação Serra Geral 44 – 292,70m Formação Botucatu / Pirambóia
4	CEAT	7556,00	202,80	0 – 80m Formação Botucatu 80 – 223m Formação Serra Geral 223 – 263m Formação Botucatu / Pirambóia 263 – 308m Formação Serra Geral 308 – 397m Formação Pirambóia 397 – 398m Diabásio
5	Vila Nery	7563,25	203,80	0 – 66m Formação Itaqueri 66 – 252m Formação Serra Geral 252 – 452m Formação Botucatu 452 – 484m Diabásio
6	UFSCar	7566,10	203,00	0 – 35m Solo 35 – 95m Formação Serra Geral 95 – 204 m Formação Botucatu / Pirambóia
7	USP Campus 1	7563,10	201,00	0 – 22m Formação Itaqueri 22 – 166m Formação Serra Geral 166 – 268,38m Formação Botucatu / Pirambóia

NÚMERO	NOME DO POÇO	COORDENADA Y	COORDENADA X	PERFIL HIDROGEOLÓGICO
8	São Carlos III	7565,50	198,00	0 – 50m Formação Adamantina 50 – 199m Formação Serra Geral 199 – 442m Formação Botucatu / Pirambóia 442 – 444m Sill Diabásio 444 – 457m Arenito Formação Pirambóia
9	Cidade Aracy	7557,50	200,25	0 – 47m Formação Botucatu 47 – 109m Diabásio 109 – 144m Formação Botucatu 144 – 257m Diabásio 257 – 392,60m Formação Botucatu / Pirambóia
10	Parque Residencial Maria Stela Fagá	7564,45	204,15	0 – 26m Grupo Bauru 26 – 262m Formação Serra Geral 262 – 387m Formação Botucatu / Pirambóia
11	Parque Faber II	7563,44	199,83	0 – 18m Solo de Alteração 18 – 236m Formação Serra Geral 236 – 395m Formação Botucatu / Pirambóia 395 – 418m Sill Diabásio
12	Sítio Rancho Azul	7565,48	196,26	0 – 30m Formação Adamantina 30 – 160m Formação Serra Geral 160 – 350m Formação Botucatu / Pirambóia
13	Parque Delta	7565,75	201,25	0 – 20m Formação Itaqueri 20 – 210m Formação Serra Geral 210 – 510m Formação Botucatu / Pirambóia
14	Altos do Azulville	7561,55	204,80	0 – 60m Grupo Bauru 60 – 170m Formação Serra Geral 170 – 450m Formação Botucatu / Pirambóia
15	Cidade Aracy	7557,50	200,25	0 – 40m Formação Botucatu / Pirambóia 40 – 120m Diabásio 120 – 250m Formação Botucatu / Pirambóia

NÚMERO	NOME DO POÇO	COORDENADA Y	COORDENADA X	PERFIL HIDROGEOLÓGICO
16	Jardim Cruzeiro do Sul	7559,15	201,75	0 – 15m Grupo Bauru 15 – 35m Formação Serra Geral 35 – 280m Formação Botucatu / Pirambóia
17	Cidade Aracy II	7558,23	199,29	0 – 10m Formação Botucatu 10 – 50m Formação Serra Geral 50 – 100m Formação Botucatu 100 – 180m Formação Serra Geral 180 – 350m Formação Pirambóia
18	Poço Rodobens	7566,88	196,54	0 – 40m Formação Adamantina 40 – 120m Formação Serra Geral 120 – 320m Formação Botucatu / Pirambóia
19	Jardim Paraíso	7563,19	200,76	0 – 20m Formação Itaqueri 20 – 170m Formação Serra Geral 170 – 370m Formação Botucatu / Pirambóia
20	Vila Arnaldo Paroli	7562,98	202,45	0 – 30m Formação Itaqueri 30 – 200m Formação Serra Geral 200 – 450m Formação Botucatu / Pirambóia
21	ETE Monjolinho	7560,80	198,60	0 – 70m Formação Serra Geral 70 – 200m Formação Botucatu 200 – 220m Diabásio 220 – 350m Formação Botucatu / Pirambóia
22	Jardim Ipanema	7565,82	197,67	0 – 50m Formação Adamantina 50 – 180m Formação Serra Geral 180 – 450m Formação Botucatu / Pirambóia
23	USP (Prefeitura do Campus)	7564,28	197,14	0 – 40m Formação Adamantina 40 – 200m Formação Serra Geral 200 – 320m Formação Botucatu / Pirambóia
24	CDHU	7559,90	202,45	0 – 20m Cenozóico 20 – 260m Formação Botucatu / Pirambóia

NÚMERO	NOME DO POÇO	COORDENADA Y	COORDENADA X	PERFIL HIDROGEOLÓGICO
25	Redenção	7560,20	199,80	0 – 30m Grupo Bauru 30 – 80m Formação Serra Geral 80 – 330m Formação Botucatu / Pirambóia
26	Parque Faber	7562,25	198,60	0 – 12m Solo 12 – 190m Formação Serra Geral 190 – 340m Formação Botucatu / Pirambóia
27	Bairro Cedrinho	7559,30	203,80	0 – 35m Formação Itaqueri 35 – 220m Formação Botucatu / Pirambóia
28	Conjunto Habitacional Pedro Rico da Silva – 2 (Ibaté – SP)	7569,10	191,40	0 – 22m Cenozóico 22 – 54m Formação Serra Geral 54 – 246m Formação Botucatu 246 – 350m Formação Pirambóia 350 – 356 Sill Diabásio
29	Hagime Tomikiti (Sítio Estrela)	7565,37	192,97	Aquífero Freático
30	CPFL	7561,63	197,83	0 – 70m Formação Serra Geral 70 – 76m Formação Botucatu
31	Valkíria Ap. Orlandi	7557,45	195,50	0 – 18,70m Solo 18,70 – 46m Formação Serra Geral
32	Tecumseh do Brasil	7566,94	201,193	0 – 136m Formação Serra Geral 136 – 250m Formação Botucatu
33	Décio L. M. Campos	7559,60	196,15	0 – 104m Formação Botucatu
34	SAAE	7562,35	205,75	0 – 35m Formação Itaqueri 35 – 83m Formação Serra Geral 83 – 100m Arenito Intertrapiano