



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Relações Solo-Relevo Através da Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão, nos Municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina no Estado de São Paulo-BR: Ordenações de Unidades para Uso e Ocupação Adequados

Ana Clara Cerminaro¹; Déborah de Oliveira²

¹Estudante do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-FFLCH/Universidade de São Paulo-USP; ²Profa. do Dept. de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-FFLCH/Universidade de São Paulo-USP. E-mail: debolive@usp.br.

Artigo recebido em 29/09/2014 e aceito em 24/02/2015

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão está localizada em sua maior área no município de São Carlos, região central do Estado de São Paulo, e têm fundamental importância enquanto principal manancial urbano para a cidade. A presente pesquisa teve como intuito realizar uma análise física dos processos pedogenéticos e morfogenéticos que caracterizam a paisagem da área, através da produção materiais cartográficos de fatores físicos que caracterizam a mesma, no intuito de viabilizar uma análise da interação solo-relevo através da individualização de compartimentos geomorfológicos. Deste modo faz se essencial a descrição física da área bem como uma contextualização teórica e revisão bibliográfica dos conceitos e objetivos que envolvem a discussão e a fundamentação teórico-metodológica. A área que compreende a bacia do Ribeirão do Feijão está localizada na APA Corumbataí, e no município de São Carlos compreende a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais do Ribeirão do Feijão (APREM), instituídas pela Lei 13.944 de 2006. A legislação vigente sobre o local expressa a necessidade e preocupação para conservação e gestão sustentável dos recursos hídricos ali disponíveis, entendendo a bacia hidrográfica como unidade sistêmica de planejamento.

Palavras-chave: unidades geomorfológicas, bacia hidrográfica, relação solo-relevo.

Correlations Between Soil-Landscape Through Geomorphological Compartmentation of the Hydrographic Basin of Ribeirão Feijão in the Municipalities of São Carlos, Analândia and Itirapina in the State of São Paulo-BR: Ordinations of Units for Land Use and Suitable Occupation

ABSTRACT

The watershed of the Ribeirão Feijão is located, in its largest area, in the municipality of São Carlos, in the central region of the state of São Paulo, and has fundamental importance as the main source for the urban city. The present study was aimed to perform a physical examination of pedogenic and morphogenetic processes that characterize the landscape of the area, through the production of cartographic materials of physical factors that characterize it, in order to enable an analysis of the interaction soil-landscape through the individualization of geomorphological compartments. Thus, it is essential a physical description of the area as well as a theoretical context and literature review of the concepts and objectives that involves theoretical and methodological discussion. The area comprising the watershed of Ribeirão Feijão is located in Corumbataí PPA (permanent preservation areas), and the municipality of São Carlos, it covers the Area Watershed Protection and Recovery of Ribeirão Feijão (APREM), established by Law 13,944 of 2006. The local legislation expressed the need and concern for conservation and sustainable management of water resources available there, understanding the watershed as a systemic unit of planning.

Keywords: geomorphological units, watershed, correlation soil-landscape.

* E-mail para correspondência: claracerminaro@usp.br. (Cerminaro, A.C.).

Introdução

A bacia hidrográfica como unidade de

planejamento, se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser tratados como unidades geográficas para análises dinâmicas do meio. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão está localizada na região centro-leste do estado de São Paulo, abrangendo em sua área os municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina. Desempenha o papel de manancial urbano para o município de São Carlos, de onde provém cerca de 40% do abastecimento de água da cidade.

A natureza está historicamente estabelecida para o homem através de uma relação de recurso, ou seja, como suporte para a sobrevivência humana passível de exploração. A crescente conscientização ambiental tem seu cerne na preocupação de suprimentos de recursos naturais para gerações futuras e assim, surge o foco nos estudos do ambiente sob a ótica de exploração aliada à conservação. A visão sistêmica sobre a realidade, com ênfase no estudo dos aspectos que envolvem os processos e dinâmicas, é a fundamentação conceitual que sustenta a noção de bacia hidrográfica como sistema aberto, sujeito a fluxos de energia e matéria. Assim a relação entre o relevo e os solos desempenha um papel essencial por serem subsistemas em interação, que contribuem através de sua organização e características, para a dinâmica da água na bacia hidrográfica, tanto em superfície como em sub superfície.

Feitas tais considerações, a presente pesquisa teve como intuito realizar uma caracterização física da área, através da produção de materiais cartográficos de fatores físicos que caracterizam a mesma, com o intuito de viabilizar uma análise da interação solo-relevo na configuração da paisagem através da metodologia de compartimentação geomorfológica. O relevo e conseqüentemente o solo que os sustentam, participam enquanto componentes indicadores das potencialidades dos recursos que a natureza fornece ao mesmo tempo em que indicam as fragilidades que devem ser apreendidas dos ambientes. A área que compreende a bacia do Ribeirão Feijão está localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, e no município de São Carlos compreende a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais do Ribeirão Feijão (APREM), instituídas pela Lei nº 13.944, de 2006. A legislação vigente sobre o local expressa a necessidade e preocupação para conservação e gestão sustentável dos recursos hídricos disponíveis.

Deste modo, mesmo com as ordenações específicas, o uso do solo já estabelecido neste manancial levanta questões quanto à adequação

da continuidade dessas atividades visando um manejo equilibrado do meio. Os estudos de interação pedo-geomorfológicas, suas dinâmicas e fundamentações além de sua análise e interpretação como prática fundamental ao planejamento, determinando os respectivos usos da terra, permitem ainda, a necessidade de produção de conhecimento sistêmico dos fatores físicos da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão, vão de acordo com as normatizações do conceito como unidade de gestão.

O final do século XX presenciou o crescimento da consciência da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento. As alterações na dinâmica do meio, visto como um processo cíclico e natural que vêm sendo agravado por fatores de ordem econômica e política, passa a gerar preocupações quanto ao fornecimento das mesmas condições de vida e recursos para as gerações futuras, numa perspectiva de sustentabilidade. Neste contexto, no processo de tomada de decisão por gestores faz-se essencial o conhecimento dos fatores físicos dos ambientes, que dentre tantas funções, condicionam também a própria formação das paisagens.

Os principais trabalhos com enfoque no apontamento de uso e ocupação adequados do solo, servindo assim de instrumento para planejamento ambiental são de Hermuche; Guimarães; Castro (2009) que utilizam a compartimentação como subsídio para considerações de uso e aptidão das terras na cidade de Jatáí- Goiás. Lopes e Carraro (2006) divulgam uma análise dos condicionantes do meio físico da Serra da Areia, região sudoeste de Goiânia, realizando a definição dos compartimentos de acordo com aspectos uso do solo e impactos ambientais decorrentes. Com os mesmos objetivos se assentam a pesquisa de Santos e Lopes (2007) para avaliação de fragilidades do solo no córrego Lagoinha, em Anápolis-GO. Também Lohmann e Santos (2005) publicaram um artigo sobre a bacia do Arroio Guassupi, município de São Pedro do Sul-RS, onde as concepções das inter-relações do meio físico permitiram a compreensão do comportamento erosivo, informação importante para as bases do planejamento do uso do solo.

O estado da arte dos principais estudos produzidos com a metodologia adotada permite a compreensão do cenário de aplicações e objetivos na escolha da mesma.

Deste modo, tomando como referência a bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão, justifica-se a necessidade de produção cartográfica e teórica sobre sua área, que desempenha a função de

manancial urbano para a cidade de São Carlos, de onde provém cerca de 40 % do abastecimento da cidade.

Quando tratamos de recursos hídricos, a preocupação com a qualidade e o constante fornecimento da água, estão intrinsecamente relacionadas e dependentes do relevo, e consequentemente do material pedológico em que estão territorialmente inseridos. Na medida em que o conhecimento do quadro natural permite observar a acuidade do perigo de degradação, classificar as unidades da paisagem em função de sua susceptibilidade e do conhecimento das dinâmicas e processos que cada área está sujeita, por reconhecermos que a ação humana desenvolve-se sobre uma natureza variável, que evolui segundo suas próprias leis, pode-se chegar a uma ordenação racional, passível de explorar seus recursos essenciais para sobrevivência humana sem deteriorá-los, através da gestão por programas de conservação que englobem estes conhecimentos.

Esta pesquisa objetivou produzir informações dos componentes da natureza de forma integrada, sinteticamente tratada e representada em áreas homogêneas que possibilitem a formulação de diretrizes e ações a serem implementadas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão, nos municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina, através do estudo das interações entre os processos de pedogênese e morfogênese. Deste modo, foram também objetivos: a produção cartográfica e teórica para caracterização dos fatores físicos – geologia, relevo e solos, da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão. E assim, a realização de uma correlação sistêmica destes fatores com base na análise holística através de sua interatuação, que condicionam a esculturação das paisagens.

Resultados

Caracterização física da área de estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão está localizada na região centro-leste do estado de São Paulo, entre os paralelos 47°93'06" - 47°76'95" W e 22°16'63" - 22°07'19" S (IGEO) de latitude. O curso d'água tem uma extensão de 22 km e divide os municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina, com uma área total de 240 km², sendo afluente do rio Jacaré-Guaçu pela margem esquerda e este afluente do rio Tietê, todos pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

Encontra-se em área de formações geológicas de afloramentos de rochas paleozoicas (Grupo Passa Dois – Formação Corumbataí), mesozoicas (Formação Piramboia, Grupo São Bento – Formações Botucatu e Serra Geral, rochas magmáticas intrusivas – diques e soleiras e

Formação Itaqueri) e cenozoicas (Depósitos colúvio-eluvionares e depósitos eluvionares).

O clima da região em estudo é Tropical de Altitude que, segundo Köppen, é do tipo Cwa, com verões chuvosos e invernos secos, caracteriza seis meses quentes e úmidos e seis meses frios e secos. As temperaturas são: máxima em torno de 26,9°C e mínima 16,2°C. As variações médias entre os períodos da manhã e da noite são de 5°C. A precipitação pluviométrica está em torno de 1.500 mm anuais (Sé, 1992).

De acordo com a proposta de Almeida (1964:20), o Estado de São Paulo foi dividido em cinco províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. Estando a região do município de São Carlos inserida na província geomorfológica na transição das Cuestas Basálticas/Planalto Ocidental. A proposta de Ross e Moroz (1997) identifica províncias geomorfológicas do Estado e realiza a subdivisão em zonas, levando em consideração que cada unidade geomorfológica de grande dimensão se distingue na paisagem pelas suas características fisionômicas (morfologia), mas, também, pela gênese e idade. Assim, na região de São Carlos e, mais especificamente, na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão, é observada a transição entre duas províncias geomorfológicas, sendo estas o Planalto Centro Ocidental e o Planalto Residual de São Carlos. Segundo Ross e Moroz (1997:42), na unidade do Planalto Centro Ocidental predominam as formas de relevo denudacionais, marcadamente formadas por colinas amplas e baixas com topos convexos, aplanados ou tabulares. As altitudes variam entre 400 e 700 metros e as declividades médias das vertentes entre 2% e 10%. A densidade de drenagem é baixa e os vales são pouco entalhados, apresentando baixa dissecação. Em geral, apresenta-se com baixo nível de fragilidade potencial, no entanto, as vertentes mais inclinadas são extremamente susceptíveis aos processos erosivos. Enquanto o Planalto Residual de São Carlos, segundo Ross e Moroz (1997:43), encontra-se no reverso da cuesta no interflúvio Tietê/Mogi-Guaçu. As formas de relevo predominante são também as denudacionais, basicamente formadas por colinas de topos convexos e tabulares. As altitudes predominantes aumentam para entre 600 e 900 metros, a declividade das vertentes com valores de 2 a 30% (nos setores mais dissecados, que apresentam um alto e até muito alto nível de fragilidade). A densidade de drenagem é classificada como média a alta.

Uso do solo

O solo é utilizado para pastagens, com técnicas de criação de gado bovino semi-intensiva e extensiva. Na agricultura se destacam as culturas de café, cana de açúcar, citrus e milho, com predomínio de pequenos e médios agricultores. Ocorrem também algumas áreas de reflorestamento (Pinus e Eucaliptos) utilizadas como matéria-prima para a fábrica da Faber-Castell, com sede em São Carlos. Observa-se ainda, pequenas áreas em fragmentos cobertas por vegetação natural (campo e cerrado) (Teixeira, 1993). Existem na área ainda chácaras utilizadas aos finais de semana para lazer, e na porção norte da bacia, bem próximos aos limites urbanos de São Carlos, localiza-se o Polo Industrial Tecnológico deste município. Há implantação atrás do Polo Industrial de loteamentos de quinhentas casas para habitação popular, vinculadas ao programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, configurando-se um novo bairro na cidade, o Jardim Novo Horizonte.

Legislação sobre o território da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão

A área da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão está localizada na Área de Proteção Ambiental de Corumbataí, Criada pelo Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983, e no município de São Carlos compreende a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais do Ribeirão do Feijão (APREM), instituídas pela Lei nº. 13.944/2006. A APA Corumbataí/Botucatu/Tejupá engloba uma área total de 6.492 km², sendo subdividida em três perímetros distintos, correspondendo na Bacia do Ribeirão Feijão à faixa das cuevas basálticas, voltada para preservação de feições como os morros testemunhos, os recursos hídricos superficiais importantes aos municípios da área, e por fim à preservação dos remanescentes de vegetação nativa (Atlas Ambiental da APA-Corumbataí, 2008).

A importância dos recursos hídricos da área é comprovada pela capacitação do Ribeirão Feijão como responsável por parte do abastecimento de água da cidade de São Carlos (cerca de 40%), feita por uma Unidade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). A jusante do Ribeirão do Feijão está situada a Usina Hidrelétrica de Energia Ibitinga (131,5 MW) e a montante a Estação de Captação de Água para abastecimento público da cidade de São Carlos, se constituindo assim como um importante manancial urbano. Em 12 de dezembro de 1996 foi promulgada a lei que dispõe sobre a criação das áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município - APREM, que têm como principais objetivos

promover o pleno desenvolvimento da função social de abastecimento da população, por meio da proteção e recuperação da qualidade e da quantidade das águas superficiais. Aliada a tais normatizações, a área que compreende a bacia do Ribeirão Feijão, segundo o Plano Diretor do município de São Carlos é classificada como Subárea de Baixa Densidade, sendo composta predominantemente por espaços livres e áreas verdes destinadas preferencialmente a sítios, chácaras de lazer e turismo local, localizados a montante da captação do Ribeirão do Feijão (São Carlos, 2006).

Fundamentação teórico-metodológica: abordagem sistêmica na ciência geográfica

Segundo Limberger (2006), a partir da década de 1950, a abordagem sistêmica surge em contrapartida ao paradigma cartesiano/mecanicista cujo princípio de conhecimento de algo se daria através de suas partes componentes, que são elementares e separadas, funcionando com se fossem máquinas determinando funções específicas (Chistofolletti, 1999). Os preceitos teóricos da abordagem sistêmica são construídos pelas pesquisas de Ludwig Von Bertalanffy, nos anos 1950, com o desenvolvimento Theory General System (TGS) cujo objetivo era a produção de uma linguagem científica unificada, capaz de englobar todos os campos do conhecimento (Bertalanffy, 1973).

A noção sistêmica para pesquisas é introduzida na Geografia primeiramente através da Geomorfologia, com Strahler (1950), que trabalhou com sistemas de drenagem considerando-o como um sistema aberto. O pensamento crítico sobre a inovação e benefícios da adoção de sistemas ambientais físicos foi discutido por Christofolletti (1979), que já apontara que os sistemas dinâmicos abriam novas perspectivas para os estudos da Geografia, oferecendo não apenas novos tratamentos para o desenvolvimento de noções, conceitos e ferramentas de análise, mas também uma nova postura epistemológica da relação sujeito/objeto da Geografia, portanto a relação homem/natureza.

A Geografia, definida então enquanto ciência de síntese, que trata da integração de vários conhecimentos para compreensão da organização espacial, tem na abordagem sistêmica um arcabouço teórico metodológico que poderá otimizar seus estudos, na medida em que o entendimento dos mecanismos que compõe a organização dos espaços e ambientes são fundamentais para sua organização e intervenção planejada.

A bacia hidrográfica como sistema aberto

Quando se conceituam os fenômenos como sistemas, uma das principais atribuições e dificuldades está em delinear com clareza a extensão abrangida pelo sistema em foco. Para pesquisas de grandezas físicas da natureza, Chistofolletti (1979) conceitua os *sistemas ambientais físicos* como a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, animais, vegetação, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (portanto um sistema) composto de elementos funcionando através dos fluxos de energia e matéria, numa interação areal.

Deste modo, os estudos que envolvem bacias hidrográficas devem estar assentados na perspectiva da bacia enquanto um *sistema aberto* (Christofolletti, 1999), composto por outros subsistemas (sistema de vertente, dos canais fluviais e de planícies de inundação), já que os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação dos fluxos de matéria e energia entre seus componentes, influenciando e sendo influenciado, constituindo-se uma parcela do espaço definido apto para aplicação de uma política de gestão ambiental.

No Brasil, a Lei nº. 9433, de 08 de janeiro de 1997, consolidou a tendência de preocupação ambiental, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, tomando a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico, esse modelo de gestão dos recursos hídricos, conhecido como sistema de integração participativa, é embasado nos procedimentos adotados pela França que se utiliza do conceito de unidade por bacia hidrográfica e como instrumento de gestão recorre ao o Plano de Bacia Hidrográfica. A bacia hidrográfica permite a abordagem integrada, sendo uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997).

Compartimentação geomorfológica com base nas interações solo relevo

A interação e relação entre os componentes do solo e relevo são baseadas na compreensão de atuação entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos na paisagem (Tricart, 1977, Tricart e Killian, 1979; Chistofolletti, 1980; Cassetti, 2005). A compreensão interdisciplinar

dos fatores envolvidos na esculturarão da paisagem possibilita cartografar unidades relativamente homogêneas, produtos da inter-relação entre substrato geológico, relevo, solos e vegetação. Da atuação dos processos que se inter-relacionam destes fatores físicos, o solo e o relevo demonstram através dos processos morfogenéticos e pedogenéticos o resultado das forças atuantes no meio. O jogo das componentes verticais e paralelas em atuação estabelecem a relação holística para o entendimento dos processos geomorfológicos que resultam na paisagem. Carson e Kirkby (1972 *apud* Queiroz Neto, 2000) apresentam tais relações numa perspectiva antagônica denominada de “força” e “resistência”- as forças requerem energia e toda energia de um sistema geomórfico deriva da gravidade e do clima, deste modo, as vertentes, enquanto categorias do relevo sintetizam os principais fenômenos evidenciados: o efeito da gravidade no deslocamento da partícula ou da massa (força paralela à superfície do terreno), e em função das particularidades intrínsecas ao próprio material (força perpendicular á superfície). Desta dinâmica processual o solo registraria, segundo Queiroz Neto (2000), ganhos e perdas para superfícies geomórficas, sendo assim especialmente apropriado para interpretar a evolução das diversas formas do relevo. Reciprocamente, a geomorfologia por meio das características morfométricas do relevo, como a declividade e altitude, fornecem fatores que interferem nos processos que atuam para formação e evolução dos solos (pedogênese).

A essencial importância do clima, para o fornecimento de água e calor que agem na transformação dos estados físicos da matéria, o entendimento da resistência dos materiais e a atuação da força física da gravidade, permitem vislumbrar a atuação das componentes paralelas e verticais em determinada paisagem. No entanto, é fundamental compreender que reconhecida à complexidade da interação entre os elementos do meio, as relações de troca e energia que ocorrem durante a pedogênese e morfogênese atuam simultaneamente nas paisagens.

Material e Métodos

Buscando uma concepção de procedimentos metodológicos precisos para melhor execução dos resultados aqui apresentados, optou-se pela fundamentação desenvolvida por Libault (1971), que definiu os quatro níveis para pesquisa, sendo eles: compilatório: levantamento de dados, seleção e organização de dados; correlativo: confrontação de dados organizados; interpretativo, análises das correlações, conclusões/produtos e

normativo: ações, diretrizes, recomendações (econômico/sociais ambientais). Deste modo, o trabalho apresenta-se metodologicamente dividido nestes níveis para melhor compreensão das etapas apreendidas em cada um.

O tratamento e a representação, e tais informações correspondentes ao nível compilatório e correlativo de Libault (1971), têm suas técnicas assentadas pela cartografia, que se têm mostrado uma importante ferramenta para os estudos ambientais. Nas últimas décadas os avanços tecnológicos permitiram à cartografia uma maior precisão, através da elaboração de mapas utilizando-se de técnicas de geoprocessamento que abrange diferentes técnicas de tratamento e manipulação dos dados, inclusive através da utilização do SIG (Sistema de Informação Geográfica) que possibilitam a integração, combinação e manipulação dos dados, além de sua análise geográfica, através da elaboração de mapas. Estes procedimentos técnicos se têm mostrado de grande utilidade para as análises ambientais, sendo uma das grandes contribuições do geoprocessamento nas ciências da terra a possibilidade de implantar processos com abordagem e análises sistêmicas, permitindo a junção de uma complexa gama de variáveis.

Nível compilatório e correlativo

Os produtos desta análise, foram operacionalizados no *software* ArcGis 9.2, desenvolvido pela ESRI, onde, para a confecção dos mapas, utilizou-se como materiais base as Cartas Topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (Quadro 1), (disponíveis no site do IBGE para *download*) que foram georreferenciadas segundo Projeção UTM-Universal Transversa de Mercator, datum horizontal Córrego Alegre. A partir daí foram extraídas, através de vetorização, as curvas de nível, pontos cotados, hidrografia e sistemas de transporte representados.

Através das informações vetorizadas, e visando a caracterização física da área, foram produzidos no ArcGIS 9.2 os mapas temáticos de hipsometria e declividades oriundos da manipulação dos dados de curva de nível e pontos cotados extraídos das folhas topográficas (Quadro 1). Os mapas temáticos produzidos foram georreferenciados segundo o datum original da representação e posteriormente, na etapa de edição e recorte da área de estudo foram transformados para o sistema SAD 69.

Quadro 1. Materiais utilizados na pesquisa.

Cartas topográficas	Folha Topográfica, 1971, Escala 1:50.000 IBGE : SF-23-Y-A-I São Carlos
	Folha Topográfica, 1971, Escala 1:50.000 IBGE: SF-23-Y-A-I-2 Corumbataí
Mapas Temáticos	Levantamento Pedológico Semi- detalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula de São Carlos, Instituto Agrônomo de Campinas, 1984 Escala 1:100.000
	Mapa Geológico do Estado de São Paulo -CPRM , 2005 Escala 1:750.000

Resultados e Discussão

A aquisição de cartas básicas do terreno, que fornecem informações sobre a topografia, rede de drenagem, sistema viário e o uso do solo, possibilitam a leitura das formas do relevo e espacialização da drenagem. A partir das informações extraídas foram criados o Modelo Digital de Terreno e o Mapa Clinográfico da bacia (Figura 1).

Mapa de formações geológicas

O mapa com as formações geológicas da área de estudo (Figura 2) foi produzido com base no mapeamento estadual realizado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM na escala 1:750. 000, disponibilizados pelo banco de dados GEOBANK (Perrota et al., 2005). O mapa representa as unidades litoestratigráficas aflorantes do Estado de São Paulo.

Mapa pedológico

O mapeamento pedológico utilizado para

geração e mapa temático da área (Figura 3), foi extraído do Levantamento Pedológico semi detalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula de São Carlos, realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas na escala 1: 100.000 (Oliveira e Prado, 1984).

Trabalhos de campo

Segundo Conti (2011), os levantamentos em campo se constituem como meio de interação entre os trabalhos em gabinete e a realidade apreendida, sendo, portanto uma estratégia essencial para melhor compreensão dos fenômenos estudados. O primeiro trabalho de campo deles foi realizado no início da pesquisa, e teve como objetivos o conhecimento geral da área, e o levantamento de características e informações complementares importantes a serem posteriormente pesquisadas em gabinete. O segundo trabalho de campo foi realizado no final da pesquisa, com os mapas temáticos básicos de caracterização da área já produzidos, e teve como

objetivos o levantamento fotográfico dos principais processos que expressam a dinâmica

física ambiental na bacia hidrográfica.

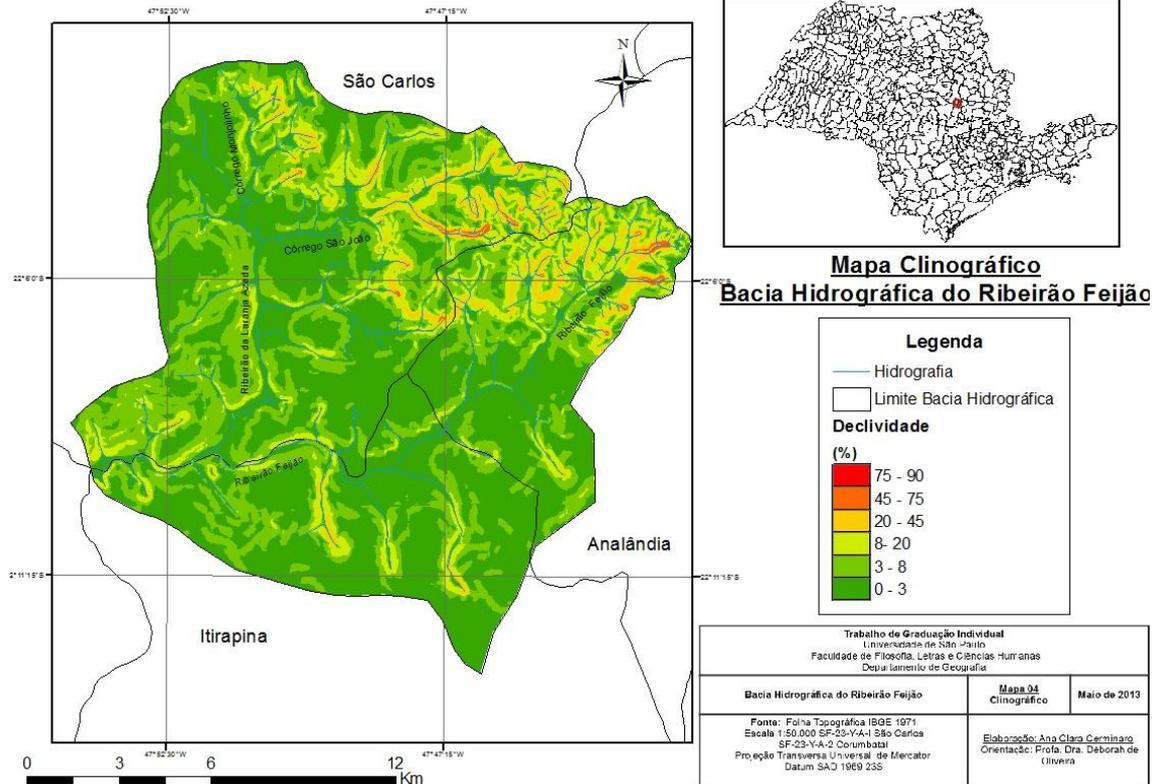


Figura 1. Mapa de Modelo Digital de Terreno e Mapa Clinográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão. Elaborado por Ana Clara Cerminaro (maio de 2013).

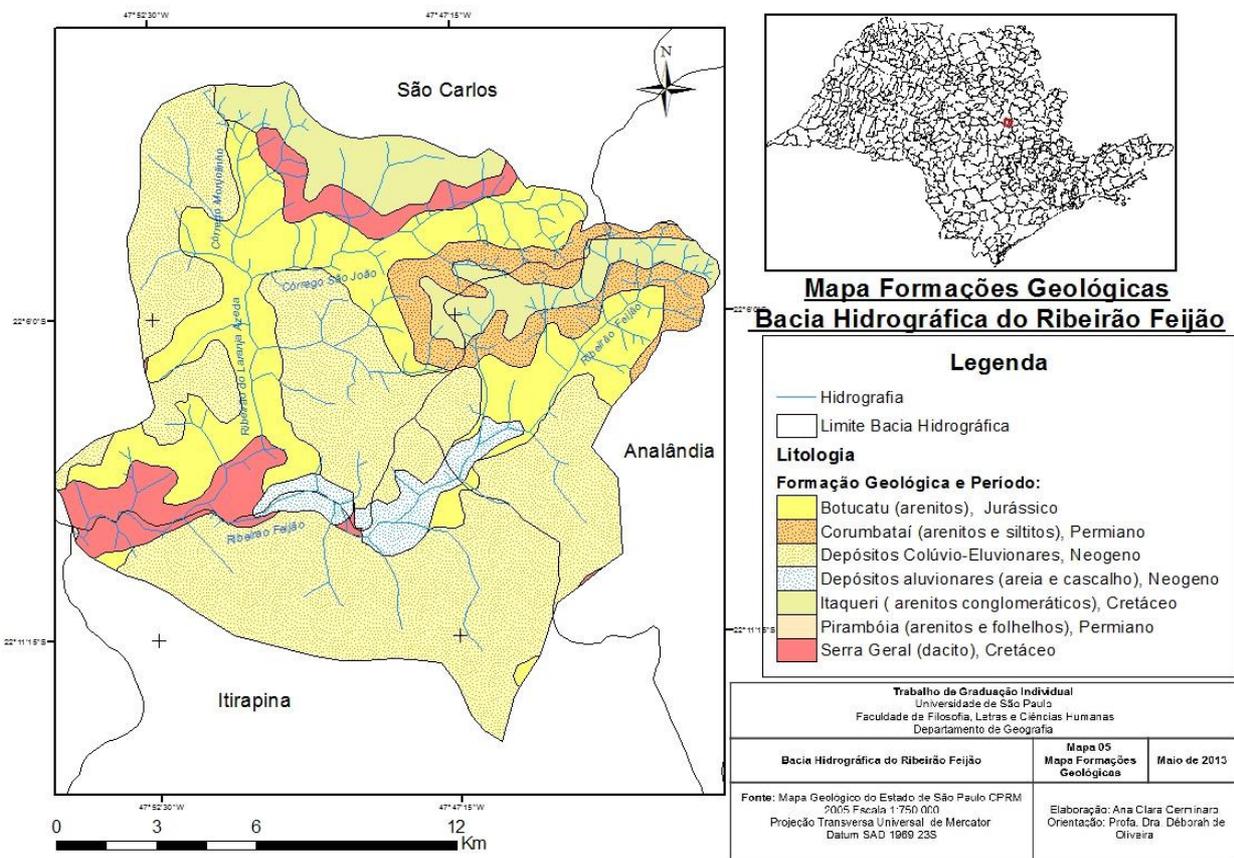


Figura 2. Mapa de Formações Geológicas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão. Elaborado por Ana Clara Cerminaro (maio de 2013).

Mapa de compartimentação geomorfológica

A correlação das informações contidas nos materiais cartográficos produziu possibilitou definir áreas homogêneas que representam o agrupamento de porções da bacia com características morfométricas - altimetria e declividade- e morfológicas semelhantes, sujeitas portanto à mesma dinâmica e processos ambientais. As características geológicas, climáticas, pedológicas, hidrológicas, biológicas, topográficas e altimétricas devem ser consideradas quando se pretende entender o tipo de relevo de uma área e a dinâmica dos processos nele inerentes. No sentido evolutivo, as formas refletem um comportamento dinâmico ao estar continuamente sujeitas a ajustes em seu modelado, como resultado de suas relações com

os processos que atuam sobre elas.

Portanto, as características do relevo (altimetria e declividades), bem como a análise dos interflúvios, a dinâmica fluvial e as classes de solos foram os principais condicionantes utilizados para a distinção dos compartimentos que foram individualizados. De acordo com Coelho Neto (2001), os interflúvios são as zonas representadas no mapa hipsométrico por curvas de nível convexas para baixo, as quais indicam uma divergência dos fluxos d'água: a linha perpendicular ao eixo destas curvas convexas delimita os divisores de drenagem internos da bacia. As curvas de nível côncavas para cima, por sua vez, indicam a zona de convergência dos fluxos d'água ou fundos de vale,

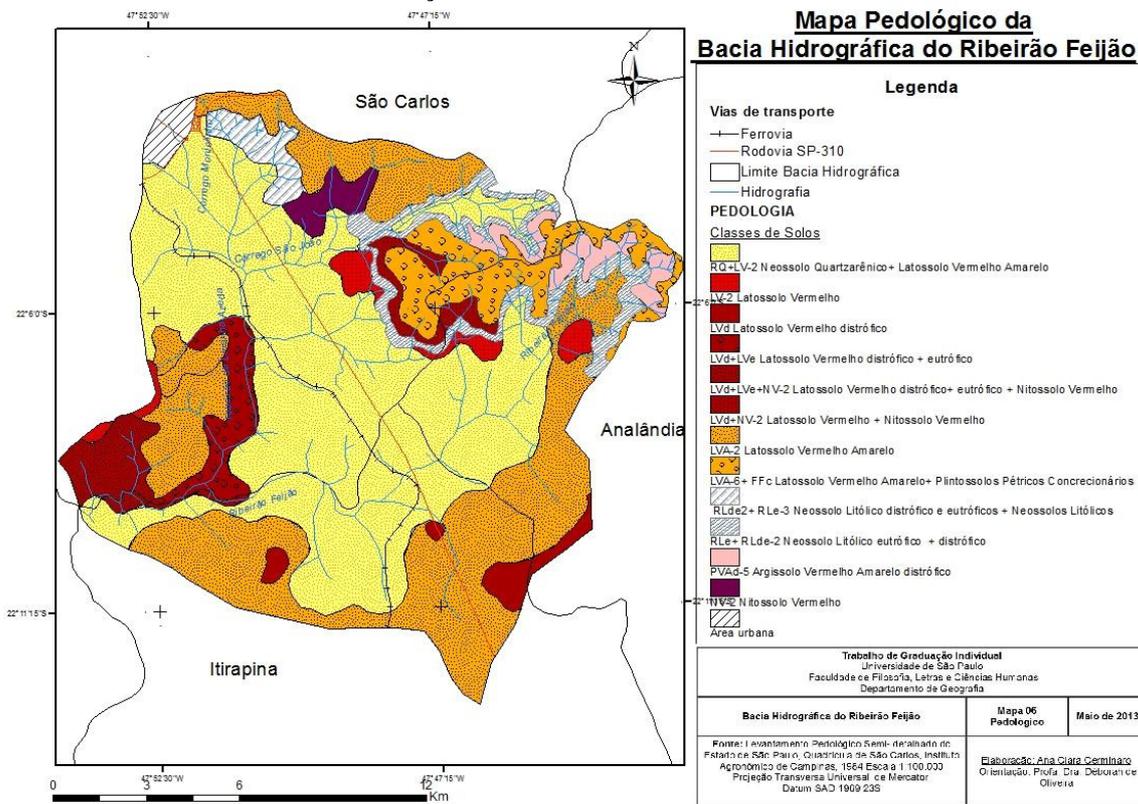


Figura 3. Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão (elaborado por Ana Clara Cerminaro, maio de 2013).

onde fluem em direção ao eixo de drenagem da bacia e daí, articulam-se com os eixos de bacia de drenagem imediatamente adjacentes.

Nível das análises correlacionais: o produto final da pesquisa, o mapa de unidades geomorfológicas (Figura 4), é apresentado cartograficamente com uma legenda integrada (Quadro 2), e de maneira correlacional, com textos descritivos de cada unidade compartimentada, de modo que permitam considerações críticas e seguramente apoiadas pela análise científica da dinâmica ambiental (pedogênese-morfogênese) desta paisagem.

Os sete compartimentos geomorfológicos individualizados (CI) estabelecidos são abaixo descritos:

CI-I: corresponde às áreas de planícies fluviais, com altimetrias entre 680-740m, as formas do relevo apresentam-se planas em fundos de vale amplos, e redes de drenagens pouco encaixadas. A baixa declividade, inferior a 2%, facilita a infiltração de água da chuva, e da própria cheia sazonal à que estas áreas estão sujeitas, diminuindo o desenvolvimento de processos erosivos, predominando assim os processos agradacionais (Cassetti, 2005) no modelado das

formas. São constituídas por depósitos aluvionares, individualizadas no mapa enquanto CI-I-a, onde desenvolvem-se Neossolos Quartzarênicos.

CI-II: individualiza-se por apresentar formas do relevo típicas de terraços, na medida em que apresentam-se ligeiramente mais elevadas, como patamares aplainados, com maior distanciamento entre as curvas de nível e pouca declividade, se comparada a planície propriamente dita. O ressalvo quanto à denominação desta forma justifica-se pela impossibilidade de análises mais criteriosas nos trabalhos de campos realizados, dos sedimentos que as sustentam. A classe de solo associada é a dos Neossolos Quartzarênicos, permitindo reflexões acerca da baixa atuação dos processos pedogenéticos. A sua extensão varia de poucos metros, como à montante da Estação de Captação de Água, até áreas mais extensas e

largas, como na margem esquerda do Laranja-Azeda, afluente direto do Ribeirão Feijão. Talvez a relação do tamanho e área variável ao longo da bacia explique-se pela diferença litológica que ocorre, sendo que em grande parte das unidades individualizadas ao longo do Laranja-Azeda, a formação geológica predominante é a Botucatu, onde caracterizam-se arenitos avermelhados, facilitando a ação da morfogênese fluvial e mesmo mudanças no equilíbrio dinâmico dos cursos d'água. Do mesmo modo, nos trechos mais estritos delimitados como possíveis formas em terraço, predominam a Formação Serra Geral, de litologia ígnea, portanto mais resistente aos processos de erosão e intemperismo, menos amplas em sua proximidade ao córrego São João, na porção centro-norte da bacia.

Mapa de Compartimentação Geomorfológica com base nas interações entre solo e relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão -SP/Brasil

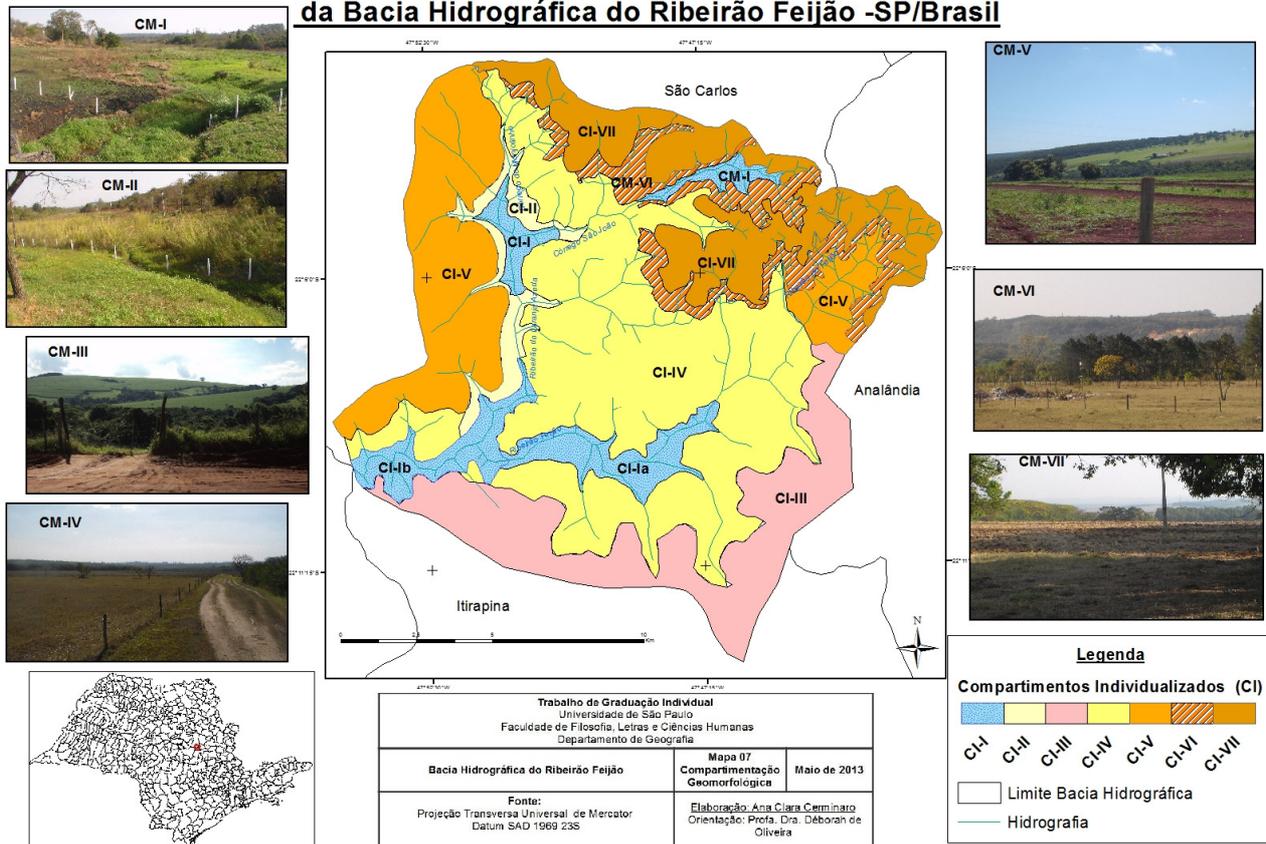


Figura 4. Mapa de Compartimentação Geomorfológica da área, elaborado a partir das relações solo relevo, com fotografias representativas. Elaborado por Ana Clara Cerminaro (maio de 2013).

Quadro 2. Legenda integrada ao Mapa de Compartimentação Morfopedológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão (Elaborado por Ana Clara Cerminaro, 2013).

Legenda integrada- MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO FEIJÃO																			
Morfo-estrutura	Morfoescultura											Uso do Solo	Sigla						
	Unidade Morfo-escultural	Área		Relevo		Geologia				Solos									
Bacia Sedim. do Paraná		Hectares	%	Padrões de formas semelhantes	Tipos de Formas dos relevos	Intervalo altimétrico (m)	Declividade (%)	Formação Geológica	Idade	Litologia	Classes								
	Planície Fluvial	2488,49	10,09	Planícies de inundação	Planícies fluviais	674-734	0-8	Depósitos Aluvionares e Formação Botucatu	Neogeno e Jurássico	Depósitos de areia e cascalho; arenitos	RQ+LV2	Vegetação de margens de rio	CI I A						
		764,06	3,1	Terraços	Terraços	734-772	0-20%	Formação Serra Geral	Cretáceo	Dacito	LVd		CI II B						
														CI II					
	Planalto Ocidental Paulista	Planalto Centro Ocidental	3613,15	14,67	Colinas	Colinas amplas e baixas	836-795	0-3 margens de córregos 8-20	Depósitos Colúvio Eluvionares	Neogeno	Depósitos Colúvio Eluvionares	LVA	Cana de açúcar, eucaliptos	CI III					
			9136,75	37,03			772-809	0-8				RQ+LV2		CI IV					
	Planalto Residual de São Carlos		3816,33	14,67	Escarpas	Escarpas de erosão	772-850	03/08/13	Formação Serra Geral e Botucatu	Cretáceo e Jurássico	Dacito e arenitos	LV+ Lvd+ NV2	Norte: habitações populares, Polo Industrial. Plantio cana de açúcar.	CI V					
			1660,93	16,61			809-894	20-45 áreas com 45-75				Formação Corumbataí			Permiano	Arenitos e siltitos	LVd	Uso Recreativo-chácaras.	CI VI
			3156,63	31,57			Topos de morros	“Cobertura de Serra”				940-1030			20-45	Formação Itaqueri	Cretáceo	Arenitos conglomeráticos	LVA

CI-III: no terceiro compartimento predominam Latossolos Vermelho Amarelo (LVA), desenvolvidos sobre depósitos colúvio eluvionares em relevos suavemente ondulados. Destaca-se a individualização desta área, pelo fato de que os limites estabelecidos para esse compartimento estão territorialmente fora da APREM-SC, por estarem inseridos nos limites dos municípios de Analândia e Itirapina, não sendo sujeito a ordenações específicas de proteção às matas ciliares e recursos hídricos, mesmo correspondendo à margem esquerda do Ribeirão Feijão.

CI-IV: este compartimento pode ser denominado dissecado, devido a baixa altimetria que varia entre 755 e 836m e a presença de colinas suaves a planas de baixa declividade - maior parte inferior a 2% - com algumas áreas de transição com o CI-V onde as declividades apresentam-se entre 5 e 12%. A formação geológica correspondente são também de sedimentos Cenozóicos, em depósitos colúvio-eluvionares, onde desenvolvem-se Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelhos. As formações geológicas correspondentes a este compartimento podem ser interpretadas tanto por materiais que foram transportados de áreas mais elevadas do entorno (e este pode ser tanto da Formação Serra Geral, como das Formações Botucatu e Piramboia ambas do Grupo São Bento predominantes na área), como fruto da própria pedogênese local, visto a pouca inclinação do terreno sujeitando-se assim ao predomínio das alterações químicas através da infiltração. Neste compartimento, é expressiva também a existência de fragmentos da vegetação remanescentes da área, do tipo Cerrado, que revelam-se na verdade como testemunhas de climas pretéritos do Quaternário. Existe no município uma legislação específica de proteção destes fragmentos, que se reduzem hoje a pequenas áreas isoladas sem conexão espacial uma com as outras, estando constantemente ameaçada pelo desmatamento feito pela própria população, em ações de limpeza de terreno.

CI-V: apresenta fortes rupturas de declive, onde estão as maiores declividades da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão - acima de 50%, sob altitudes de 950m, pode ser entendido como a transição abrupta do relevo para as partes mais altas que estão sob a Formação Corumbatai. Predominam processos morfogenéticos, com ocorrência de Latossolos (LV e LVd) e Nitossolos Vermelhos. O contato entre estas duas diferentes litologias, com rochas de caráter básico e arenitos avermelhados (pelo fato da oxidação do Fe) e esbranquiçados com fragmentos de argila (Perrota et al., 2005) foram os materiais de origem para a expressiva mancha de Latossolos (LV e LVd) e Nitossolos Vermelhos que ocorrem na área.

CI-VI: corresponde às áreas mais altas da bacia, com altimetrias entre 940-1030 m. A declividade varia entre 0 e 5%, em relevo suavemente ondulado, circundados nas bordas por vertentes e escarpas com

declividades superiores a 25%, equivalentes ao CG-V. As formas foram desenvolvidas sob a Formação Itaqueri, com ocorrência de Latossolos Vermelhos Amarelos. Em campo foram observadas a ocorrência de escorregamentos de solos recentes além de cicatrizes de deslizamentos. Esta unidade homogeneizada detém ainda formas de fundos de vale estreitos e encaixados, e na base das vertentes neste compartimento têm-se a ocorrência de um total de 23 cabeceiras de drenagem, de cursos d'água que desaguam no Ribeirão Feijão, o que especifica a necessidade de proteção e preservação da área. As matas ciliares neste compartimento são relativamente bem preservadas e vão de acordo com a legislação específica da APREM-SC.

CI-VII: o último compartimento individualizado corresponde às áreas mais altas da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão, com altimetrias entre 940-1030 m. A declividade varia entre 20-45%, onde as menores declividades relacionam-se ao topo em relevo suavemente ondulado, circundados nas bordas por vertentes e escarpas com declividades que chegam a 45% em contato ao CM-V. A configuração da Formação Itaqueri na área, também é referenciada na literatura específica como coberturas geológicas oriundas de Coberturas de Serra, que localmente são denominadas de Coberturas de Serra de São Carlos (Christofoletti e Queiroz Neto, 1966 *apud* IPT, 1981), de acordo com estes autores a litologia é de arenitos conglomeráticos provenientes das serras vizinhas, cuja deposição é sincrônica da escavação da Depressão Periférica, em regime de transporte curto e violento, sob um agente de grande competência e com regime intermitente que permitiu a deposição contemporânea de seixos e argilas.

A classe de solos associadas são os Latossolos Vermelhos Amarelos (LVA), que se caracterizam por serem bem drenados, onde o relevo suave a plano é um importante fator para explicar o desenvolvimento deste tipo de solo nesta área, com intensos processos pedogenéticos em atuação, produzindo solos profundos e ácidos, com saturação baixa e baixos teores de óxidos de ferro (Lepsch, 1994).

Considerações Finais

Nível das recomendações

A presente pesquisa buscou caracterizar o meio físico de uma bacia hidrográfica, enquanto sistema integrado, especificamente nas relações estabelecidas entre o desenvolvimento e evolução de solos com o relevo, visando contribuir no planejamento de uso e ocupação do solo, favorecendo a diminuição de degradação do meio e contemplando o desenvolvimento econômico e social dentro de uma perspectiva conservacionista dos recursos naturais do principal manancial da cidade de São Carlos. Como uma consideração geral, comprova-se a relação intrínseca entre as variações clinográficas e altimétricas do relevo, determinando os processos que

agirão na constituição de diferentes tipos de solo.

O CM-I, que delimita as áreas sujeitas à dinâmica dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica (Córrego Laranja-Azeda e Ribeirão Feijão), por serem áreas de planície de inundação, devem ser de preservação extrema, com restrição quanto à ocupação e desmatamento da mata ciliar. A existência de matas ciliares ao longo desta área e de todo restante de margens, são primordiais devido à função de estabilização e proteção dos corpos hídricos que desempenha evitando assoreamentos que podem diminuir a vazão dos mesmos. A preocupação com o assoreamento dos córregos é mais acentuada no CM-I-a, onde os corpos d'água correm sob depósitos colúvio-eluvionares, com forte presença de areia, sendo, portanto de mais fácil remoção e transporte. O CM-II, são áreas ainda bem próximas dos principais rios e que foram individualizadas em função da possível participação pretérita na dinâmica fluvial, também são porções de atenção que devem ser preservadas. Já o CM-III, merece especial atenção, pois abrange toda margem esquerda do Ribeirão Feijão, dividida entre os municípios de Analândia e Itirapina, que são áreas sem ordenamento quanto às restrições de uso e ocupação do solo para proteção dos recursos hídricos, visto que a área de APREM delimita-se apenas nos limites da bacia hidrográfica do município de São Carlos. Como já apontado, usos inadequados do solo podem causar assoreamento dos corpos d'água afetando diretamente a vazão do rio que é aproveitada a montante pela Estação de Captação de Água de Ibitinga.

O CM-IV configura-se como o maior compartimento da bacia hidrográfica e coincidentemente o mais desmatado. O uso do solo pouco fértil e extremamente arenoso sob relevos planos é feito predominantemente com o cultivo de eucaliptos e áreas para pastagens, o que pode ser ambientalmente aceitável visto que a densidade de drenagem neste compartimento é baixa. O CM-V, com ocorrência de Latossolos e Nitossolos Vermelhos, permite com manejo adequado, resultados produtivos para outras culturas, com melhor aproveitamento das potencialidades do solo para além da monocultura de cana de açúcar, como ocorrem com o plantio de laranja, feito rotativo com outras culturas como o feijão em rotação com milho. Estas considerações quanto a potenciais usos, aliam-se ainda em uma visão estratégica, ao favorecimento pela localização próxima à SP-310 para circulação e comercialização.

O CM-VI consiste nas áreas com maiores declividades, onde predominam os processos morfogênicos de atuação sobre o modelado do relevo, em processos de retrabalhamento físico por erosão remontante, sem o grande desenvolvimento de classes expressivas de solos. Deste modo são prejudicados possíveis usos agrícolas e mesmo ocupação humana com construções. A restrição quanto

à ocupação justifica-se também neste compartimento pela proximidade da localização da maioria das cabeceiras de drenagem dos cursos d'água que alimentam o Ribeirão Feijão, sendo áreas ambientalmente estratégicas de preservação.

O último compartimento da bacia, o CM-VII são as áreas que podem ser mais exploradas por serem as porções com as melhores condições na qualidade do solo e sem presença de cursos d'água passíveis de proteção total. No entanto, pela própria configuração da bacia de drenagem, a direção de fluxo de escoamento e circulação interna da água em superfície e subsolo se dá em direção aos corpos d'água que desagüam no Ribeirão Feijão, mesmo estes localizados mais distantes. Ainda a implantação destas instalações tendem a melhorar o acesso à área e a consolidação e infraestruturas urbanas, que podem facilitar expansão de novos bairros. A ordenação do Plano Diretor como subárea de baixa densidade, e as normatizações da APREM para o município deve ser respeitadas e fiscalizadas quanto a restrições.

Como conclusões gerais da pesquisa desenvolvida, podemos afirmar que as normatizações da APREM São Carlos são essenciais por limitar usos restritivos, mas falha quando os limites abrangidos por tais ordenações correspondem somente ao município de São Carlos. A maior atenção e mesmo fiscalização quanto a usos impactantes aos recursos hídricos da área, devem ser conjuntamente construídas pela promoção de uma educação ambiental calcada na necessidade de preservação e promoção do conhecimento da população que usufrui diretamente do território da bacia, sejam agricultores, silvicultores ou frequentadores das chácaras.

O estudo das interações solo-relevo, com produção de materiais cartográficos, onde apresentam informações sinteticamente tratadas, permitem considerações adequadas para o manejo da área através do planejamento ambiental. Ressalta-se a necessidade de confecção ainda de um mapa do uso do solo que seria um importante instrumento para essa análise de estado atual de uso e/ou degradação do meio. O cenário apontado é pela demanda de uma gestão ambiental complexa e integrada, atenta a características sistêmicas do meio.

Referências

- Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí-CEAPLA/UNESP-Rio Claro., 2008. Disponível em: http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/apa_corumbatai.php-acesso em janeiro de 2012.
- Bertalanffy, L. Von., 1973. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Editora Vozes. Tradução de Francisco M. Guimarães.
- Brasil., 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do

- art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso: 21/10/2012.
- Cassetti, V., 2005. Geomorfologia. Disponível: <http://www.funape.org.br/geomorfologia>. Acesso: 23/03/2013.
- Christofoletti, A., 1979. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec.
- Christofoletti, A., 1999. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher.
- Christofoletti, A.L.H., 2004. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em Geografia. In: Vitte, A.C., Guerra, A.J.T. (org). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp.89-110.
- Conti, J.B., 2011. Contos de Campo. In: Venturi, L.A.B. Geografia - práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi.
- Hermuche, P.M., Guimarães, G.M.A., Castro, S.S.de., 2009. Análise dos Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso do Solo em Jataí – GO. GEOUSP – Espaço e Tempo. Departamento de Geografia. FFLCH/USP, São Paulo, 2009. nº 26, pp. 113-131.
- Lepsch, I.F., 1994. Formação e conservação dos solos. São Paulo:Rio de Janeiro: IBGE.
- Libault, A., 1971. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. Métodos em Questão, Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n.1, p.1-14.
- Limberger, L., 2006. Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia. Revista Geografia 15, 95-109.
- Lohman, M., Santos, L.J.C., 2005. A Morfopedologia Aplicada à Compreensão dos Processos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Arroio Guassupi, São Pedro do Sul – RS. Revista Brasileira de Geomorfologia Ano 6, nº 2.
- Lopes, L.M, Carraro, N.M.S.R., 2005. Geomorfopedologia da Serra da Areia e entorno, sudoeste de Goiânia, GO. Caminhos de Geografia 30, 303-323.
- Oliveira, J.B., Prado, H., 1984. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos II. Memorial descritivo. Campinas: IAC. IAC. Boletim técnico 98.
- Queiroz Neto, J.P., 2000. Geomorfologia e Pedologia, Revista Brasileira de Geomorfologia 1, 59-67.
- Ross, J.L.S., Moroz, I.C., 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP.
- Santos, L.R., Lopes, L.M., 2007. Bacia do Córrego da Lagoinha em Anápolis (GO): Morfopedologia, uso da terra e problemas decorrentes. In: Simpósio Brasileiro de Geografia, 13, Viçosa. Anais...Viçosa: UFV, 2007. CD-Rom.
- São Carlos., 2006. Plano Diretor do Município de São Carlos. Disponível: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/plano-diretor.html>. Acesso: maio de 2012.
- Tricart, J., 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN.
- Tricart, J., Kilian, J., 1979. La Eco-Geografia y La Ordenación el médio natural. Editorial Anagrama, Barcelona.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas., 1981. Sistema de Gestão Territorial ABAG/RP. Acesso: <http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br/areas/geologia.htm>.