

Compartimentação fisiográfica pela análise integrada: estudo de caso no município de Casa Branca (SP)

*Physiographic compartmentation by the method of integrated analysis:
a case study in Casa Branca, São Paulo State, Brazil*

Ana Maria Carrascosa do Amaral¹, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis², Lucilia do Carmo Giordano²,
Claudia Vanessa dos Santos Corrêa¹, Camila Jardimetti Chaves¹

¹Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Avenida 24-A, 1.515 - Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, BR (ana.eng.ambiental@hotmail.com; claudiageobrax@yahoo.com.br; camila.j.chaves@gmail.com)

²Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Rio Claro, SP, BR (fabioreis@rc.unesp.br; lcg@ecogeologia.com.br)

Recebido em 03 de julho de 2014; aceito em 09 de janeiro de 2015

Resumo

Existem vários procedimentos de espacialização e individualização de unidades do meio físico, como as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A compartimentação fisiográfica pode ser realizada por processos de fotointerpretação sistemáticos de imagens de satélite, pela análise das propriedades da rede de drenagem, a partir da homogeneidade e similaridade das unidades da paisagem. A vantagem da aplicação dessa técnica no planejamento ambiental consiste na geração de um único produto cartográfico seccionado em várias unidades da paisagem, que resumem características de relevo, geologia e uso da terra. O objetivo da pesquisa foi fazer a compartimentação fisiográfica do município de Casa Branca (SP), tendo como base a integração de dados de análises de imagens de satélite, produtos cartográficos e características geológicas e geomorfológicas. O município sofre com problemas relacionados à falta de planejamento urbano e desenvolvimento de processos erosivos. Pela análise dos resultados obtidos, conclui-se que a metodologia adotada para a pesquisa mostrou-se bastante eficiente. Portanto, espera-se que a presente pesquisa possa dar suporte às decisões de planejamento urbano no município de Casa Branca e que os procedimentos descritos possam servir de base para a elaboração de zoneamentos geoambientais em outros municípios.

Palavras-chave: Compartimentação fisiográfica; Análise integrada; Fotointerpretação.

Abstract

There are several procedures of spatialization and individualization of physical environmental units, such as the techniques of remote sensing and geoprocessing. The physiographic compartmentation can be performed by systematic photointerpretation processes of satellite images, through the analysis of the drainage network's properties, from the homogeneity and similarities of landscape units. The advantage of applying this technique in environmental planning is the generation of a single cartographic product sectioned into several landscape units, which summarize characteristics of relief, geology and land use. This study aimed at making the physiographic compartmentation in Casa Branca, São Paulo state, based on the integration of data from analysis of satellite images, mapping products, and geological and geomorphological data. The city suffers problems related to lack of urban planning and the development of erosive processes. Analyzing the results, it was concluded that the methodology adopted for the research was very efficient. Therefore, it is expected that this research may support the decisions of urban planning in the city and that the described procedures can be the basis for the development of geo-environmental zoning in other municipalities.

Keywords: Physiographic compartmentation; Integrated analysis; Photointerpretation.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica da área do município de Casa Branca, Estado de São Paulo, na escala 1:50.000, tendo como base a integração de dados de análises de imagens de satélite, produtos cartográficos e dados geológicos e geomorfológicos. Na pesquisa, adotou-se a diferenciação entre os termos “mapa” e “carta”, adotada por Zuquette e Gandolfi (2004), na qual o mapa é utilizado apenas como um registro de dados acerca de um determinado aspecto do ambiente, sem interpretações, e a carta é utilizada para a representação das informações, ou seja, é um documento cartográfico que possui as interpretações e associações dos dados contidos nos mapas.

O principal intuito da elaboração da compartimentação está relacionado com a necessidade de planejamento ambiental em municípios de pequeno porte, seja por zoneamentos geoambientais, seja por outros tipos de projetos, de modo que sua expansão seja subsidiada pelas informações referentes ao meio físico, evitando-se, assim, a ocorrência de eventos prejudiciais, ou até mesmo fatais, à população.

Segundo Salomão e Iwasa (1995), a deflagração de processos erosivos está relacionada a diversos fatores de condições naturais do terreno, com destaque para cobertura vegetal (defesa natural contra a erosão), tipo de solo (textura, estrutura, permeabilidade, densidade etc.) e topografia (declividade).

Segundo Maia (2003), “fisiografia” é um termo utilizado para se referir às avaliações do terreno baseadas nos elementos do meio físico. Os métodos de compartimentação fisiográfica objetivam agrupar elementos constituintes do meio físico de acordo com as suas semelhanças e diferenças e têm sido utilizados nos mais diversos trabalhos que tratam de planejamento territorial. O resultado da compartimentação é a divisão da área em Unidades Básicas de Compartimentação, que podem ser utilizadas nos mais diversos tipos de estudo do meio físico (Cezar, 2011).

Existem vários procedimentos de espacialização e individualização de unidades do meio físico, como as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A compartimentação fisiográfica pode ser realizada por meio da utilização de processos de fotointerpretação sistemáticos de imagens de satélite, pela análise das várias propriedades da rede de drenagem, a partir da homogeneidade e similaridade das unidades da paisagem (Vedovello, 1993), pela definição de Unidades Territoriais Básicas (Crepani et al., 1996) e pela integração de unidades naturais e antropizadas da paisagem.

Segundo Paula et al. (2008), a vantagem da aplicação de técnicas de compartimentação fisiográfica no planejamento ambiental consiste na geração de um único produto cartográfico seccionado em várias “unidades da paisagem”, que resumem características de relevo, solo, vegetação, geologia, uso da terra e socioeconômicas. Índícios da utilização de técnicas de compartimentação em unidades fisiográficas, sem essa denominação, datam já do início do século

XX, como exemplo o trabalho de Herbertson (1905), que, baseado em comparações entre geologia, clima, vegetação e orografia, definiu as divisões naturais da Terra.

Segundo Vedovello (1993), na prática, a compartimentação fisiográfica é efetuada analisando-se um ou alguns dos elementos responsáveis pelas variações fisiográficas significativas em um dado nível hierárquico, ao invés de todos os elementos do meio físico. Entretanto, esse procedimento é aceitável, pois, conforme cita Maretti (1989), as propostas de compartimentação possuem como princípio básico a correlação natural entre os elementos do meio físico, portanto, a escolha de um ou alguns desses elementos serve para se identificar unidades nas quais ocorrem associações específicas. Na pesquisa em questão, foi utilizada a técnica de “análise integrada” para a elaboração da compartimentação fisiográfica, na qual é elaborado um documento cartográfico que agrupa as unidades fisiográficas definidas durante o estudo.

O município de Casa Branca possui 28.312 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010), sendo considerado de pequeno porte. Por esse motivo, possui poucos recursos financeiros para custear projetos que abordem as especificidades físicas do município, como é o caso da compartimentação fisiográfica. Além do mais, Casa Branca sofre com problemas relacionados à falta de planejamento urbano, visto que foram cadastradas por Furlani (1980) 332 voçorocas na região, sendo algumas consideradas pontos turísticos pela população, que desconhecem o perigo que esse tipo de erosão oferece às moradias do entorno. Portanto, torna-se necessária a elaboração de estudos relacionados ao meio físico para auxiliar no planejamento ambiental e nas decisões de agentes públicos e privados, especialmente, quanto às escolhas locais adequadas de empreendimento e gestão dos recursos naturais, assegurando a conservação dos ecossistemas, a manutenção do capital e a qualidade de vida à população.

ÁREA DE ESTUDO

Aspectos gerais

O município de Casa Branca possui 864 km² e localiza-se no interior do Estado de São Paulo, compreendido entre as coordenadas UTM 265.000 e 300.000 m E e 7.562.000 e 7.614.000 m N, referentes ao meridiano 45° a oeste de Greenwich. O município dista cerca de 230 km da cidade São Paulo pela rodovia SP-340, fazendo divisa com os municípios de: Aguaí, ao sul; Vargem Grande do Sul, Itobi e São José do Rio Pardo, a leste, sudeste e nordeste; Mococa e Tambaú, ao norte e noroeste; e Santa Cruz das Palmeiras, a sudoeste (Figura 1).

Casa Branca pertence à região administrativa de Campinas e possui como distritos Venda Branca e Lagoa Branca, localizadas mais ao sul da área do município. O município se insere na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. Segundo censo

demográfico do IBGE de 2010, o município possui cerca de 30 mil habitantes, com uma densidade demográfica de 32,76 hab/km² (IBGE, 2010). O distrito de Lagoa Branca possui 1.400 habitantes e Venda Branca, 1.048 habitantes.

No município, pode-se observar a ocorrência do processo de voçorocamento (boçorocamento), sendo que Furlani (1980) mapeou em seu estudo cerca de 300 voçorocas, e algumas, devido às suas dimensões, são consideradas pontos turísticos pela população local.

As vias de acesso do município são: a SP-340, que vai até Campinas (direção sul) e Mococa (direção norte); SP-215, que vai para São Carlos (direção oeste) e Vargem Grande do Sul (direção leste); e a SP-350, que liga o município a São José do Rio Pardo (direção nordeste).

Aspectos geológicos

A área de estudo está localizada na borda oriental da Bacia Sedimentar do Paraná, incluindo-se parte do Embasamento Cristalino, no extremo nordeste do município de Casa Branca, representado por rochas cristalinas, como granitos e migmatitos, do complexo Pinhal, do Pré-Cambriano Superior.

Sobre esse embasamento, foram depositadas unidades da bacia do Paraná, representadas na área pelo Subgrupo Itararé e pela Formação Piraçununga, e coberturas quaternárias. Ocorreram também intrusões de diabásio correspondentes ao magmatismo básico da Formação Serra Geral.

O Subgrupo Itararé (Carbonífero-Permiano) caracteriza-se por uma sedimentação terrígena, oriunda de sistemas deposicionais e ambientes variados. Predominam arenitos imaturos, conglomerados e siltitos, além de diamictitos e litotipos característicos de clima glacial, que gradam lateralmente entre si ou alternam-se verticalmente em camadas mais bem definidas. O termo “Itararé” (Figueiredo Filho e Frakes, 1968) foi adotado por Azevedo e Massoli (1984) devido ao fato de a subdivisão do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo ser um assunto bastante controverso.

As intrusões ígneas da Formação Serra Geral compõem-se de diabásios às vezes compactos, mas geralmente fraturados em blocos com esfoliação esferoidal ou disjunção colunar, e estão normalmente alteradas, formando a denominada “terra roxa”. As intrusões encontram-se distribuídas em toda a área de estudo, notadamente na porção norte de Casa Branca (Vieira, 1982).

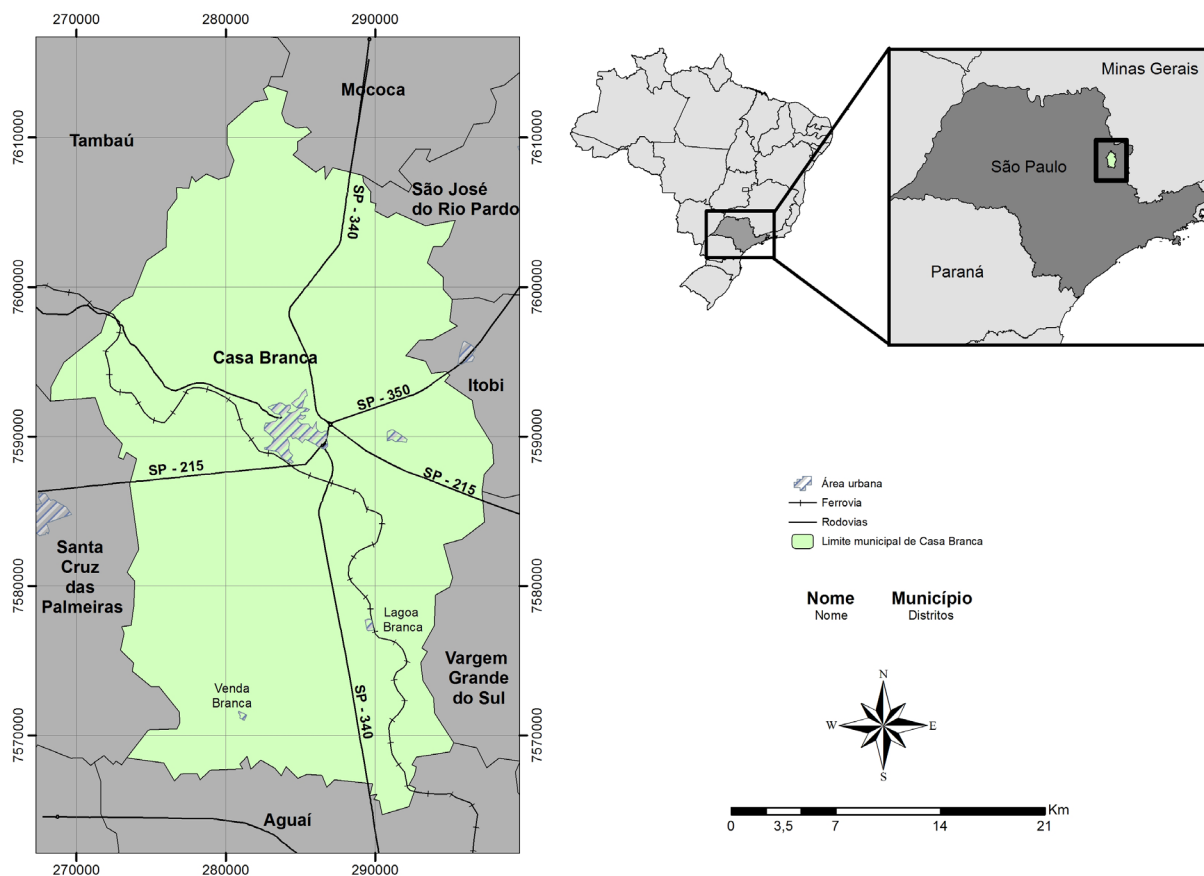


Figura 1. Localização da área de estudo.

A Formação Piraçununga (Freitas et al., 1979), do Terciário, é composta por areia argilosa inconsolidada muito pobremente selecionada e cascalheiras, sendo interpretada como sendo de origem coluvial. Esses sedimentos cenozoicos são de ampla ocorrência, apresentando grande extensão em superfície e pouca extensão em profundidade.

Os sedimentos aluvionares, do Quaternário, ocorrem ao longo das planícies aluviais, formados por areias e argilas inconsolidados, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados. Na planície dos rios Pardo e Jaguari-Mirim, as planícies têm maiores proporções. Esses aluviões possuem sedimentos inconsolidados, “[...] erodidos, retrabalhados, transportados pelos cursos d’água e depositados nos seus leitos e margens” (Vaz, 1996, p. 126) e são formados por areias com granulometria predominante de média a grossa e argilas orgânicas com alta plasticidade.

Aspectos geomorfológicos

Em relação à geomorfologia, a área de estudo compreende 3 unidades morfoesculturais: a Depressão Periférica (Depressão do Mogi-Guaçu), ocupando a maior parte da área; mares de morros do Planalto Cristalino Atlântico, ocupando uma estreita faixa na porção nordeste da área; e cuestas arenito-basálticas, localizadas no extremo oeste (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1981a; Ross e Moroz, 1997; Furlani, 1980).

A Depressão Periférica apresenta relevo uniforme de colinas onduladas, morros e morrotes com menores declividades e maiores amplitudes. A maior parte da área de estudo possui altitudes entre 600 e 700 m, sendo a porção sudoeste mais baixa, com altitudes entre 540 e 600 m, e a parte leste com altitudes entre 700 e 800 m. A maior altitude, chegando a 900 m, está localizada a oeste, onde existe um relevo residual sustentado por diabásio. Há a presença de pequenas lagoas circulares e depressões fechadas, baixa densidade de drenagem, colinas amplas e com perfil convexo e formação de voçorocas nas frentes de erosão (Vieira, 1982).

Segundo a metodologia adotada pelo IPT (1981a), as unidades de relevo presentes na área são:

- planícies fluviais: caracterizam-se por terrenos planos constituídos de sedimentos fluviais quaternários; as planícies são geradas por processos de agradação, que correspondem às áreas sujeitas a inundações periódicas. O potencial de fragilidade dessas áreas é bastante alto, pois estão sujeitas a inundações periódicas, por possuírem nível d’água pouco profundo, e os sedimentos inconsolidados estão sujeitos a acomodações constantes;
- colinas amplas: predominam interflúvios de áreas superiores a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos; geralmente, possuem baixa densidade de drenagem com padrão subdendrítico; os vales são abertos com planícies aluviais restritas, podendo ocorrer, eventualmente, lagoas perenes ou intermitentes;

- colinas médias: predominam interflúvios de áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos; a densidade de drenagem é média a baixa, com padrão sub-retangular; os vales são abertos a fechados, com planícies aluviais interiores restritas, com eventual presença de lagoas perenes ou intermitentes;
- morros amplos: os interflúvios são arredondados, com áreas superiores a 15 km², topos arredondados e achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos; drenagem de baixa densidade com padrão dendrítico; os vales são abertos com planícies aluviais interiores restritas;
- morrotes alongados e espigões: normalmente, predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes com perfis retilíneos e ravinadas; média a alta densidade de drenagem, com padrão dendrítico, e os vales são fechados;
- morros arredondados: topos arredondados e localmente achatados, vertentes convexas a retilíneas, localmente ravinadas; nesse sistema de relevo, existem exposições locais de rochas e espigões curtos locais; a drenagem possui média densidade, com padrão dendrítico a subdendrítico, e os vales são fechados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais:

- cartas topográficas do IBGE, escala 1:50.000: Casa Branca – Folha SF-23-V-C-V-4 (IBGE, 1972a); Rio Tambaú – Folha SF-23-V-C-V-2 (IBGE, 1972b); São João da Boa Vista – Folha SF-23-V-C-VI-3 (IBGE, 1972c) e São José do Rio Pardo – Folha SF-23-V-C-VI-1 (IBGE, 1969);
- cartas geológicas da Secretaria de Agricultura e Abastecimento – Coordenadoria de Pesquisas de Recursos Naturais – Instituto Geológico (IG), escala 1:50.000, utilizadas foram: Casa Branca – Folha (IG, 1983); Rio Tambaú – Folha (IG, 1985) e São João da Boa Vista – Folha (IG, 1982);
- mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, do IPT (1981a);
- mapa pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (Oliveira et al., 1999);
- imagens *Landsat* 8 do dia 06 de julho de 2013, órbita/ponto 220/75.

Desenvolvimento da pesquisa

Levantamento bibliográfico, cartográfico e de produtos de sensoriamento remoto

Numa primeira etapa, foi feita a revisão bibliográfica por meio da análise de livros, teses e publicações disponíveis em bases

de dados virtuais, bibliotecas eletrônicas e físicas, que possuem informações de interesse para o artigo, como conceitos de compartimentação fisiográfica e características dos municípios-alvo. As principais palavras-chave utilizadas foram: “compartimentação fisiográfica”, “Casa Branca” e “análise integrada”.

As cartas vetoriais (formato .dxf) de mapeamento sistemático do IBGE foram coletadas por meio do *download* no banco de dados do seguinte link: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistemático/topograficos/escala_50mil/vetor/.

Foram coletadas imagens do satélite *Landsat 8*, por meio de *download* do banco de dados gratuitos disponíveis no site do *USGS - Science for a Changing World*: <http://glovis.usgs.gov/>.

Elaboração da base cartográfica

As cartas topográficas e geológicas foram georreferenciadas no *software* ArcGis 10.1, utilizando-se 4 pontos de controle para cada uma. O erro mínimo adotado foi de 10 m para as cartas na escala 1:50.000 e 50 m para as cartas em escala 1:250.000, segundo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (Brasil, 1984). Optou-se por utilizar a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o Datum WGS 84.

Os dados vetoriais das cartas do IBGE foram exportados para o formato *shapefile*, pela utilização do *software* ArcGis 10.1. Os dados exportados foram: drenagens, curvas de nível, represas, principais rodovias, limites municipais e áreas urbanas.

Destaca-se que as cartas topográficas do IBGE utilizam o *datum* Córrego Alegre, portanto, primeiro os arquivos foram exportados nesse *datum* e depois foi feita a transformação do *datum* para o WGS 84, pela ferramenta “*Project*” disponível no “*Data Management Tools*”, do *software* ArcGis 10.1. Para a transformação, foram utilizados os parâmetros de transformação de *Molodensky*, apresentados na Tabela 1.

Tratamento dos produtos de sensoriamento remoto

Para a realização da compartimentação fisiográfica, foi utilizada a banda 5 do satélite *Landsat 8*. Essa banda foi selecionada devido à similaridade do seu comprimento de onda com a banda 4 do satélite *Landsat 5*. Segundo Rocha (2000), essa banda tem sensibilidade à morfologia do terreno e, por isso, permite a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia e a análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Lima et al. (2013), Rokos et al. (2000), Wang et al. (2002), Assine (2005) e Cardoso et al. (2009) também utilizaram essa banda para análise de aspectos geológicos e geomorfológicos de suas áreas de estudo. A banda 8 (pancromática) também foi utilizada para a compartimentação, uma vez que sua resolução espacial é de 15 m, permitindo uma melhor visualização das feições de relevo.

Após a seleção dessas duas bandas citadas, fez-se o aumento do contraste linear por meio da manipulação do histograma, remanejando a distribuição dos *pixels* para aumentar a nitidez

Tabela 1. Parâmetros de transformação geodésica Molodensky.

Córrego Alegre	WGS 84
Translação X	-205,57 m
Translação Y	168,77 m
Translação Z	- 4,12 m

da imagem. Na banda 5, foi feito o processamento de Filtragem Linear de Realce de Imagem TM, denominado de filtro Laplaciano. Esse filtro é do tipo passa-alta (Crósta, 1992), sendo utilizado para realçar os componentes de alta frequência presentes na imagem, favorecendo as diferenciações e os aspectos texturais (Corrêa, 2013). Segundo Florenzano (2008, p. 45), esse processamento permite que feições como estradas, drenagens, falhas, juntas e outras feições lineares sejam destacadas na imagem, facilitando, assim, a fotoanálise e fotointerpretação. Tais procedimentos foram feitos no *software* SPRING 5.2.3.

Geração dos produtos auxiliares

Os produtos gerados para auxiliar a compartimentação fisiográfica foram o mapa hipsométrico e o mapa de declividade da área de estudo, elaborados pelo Modelo Numérico do Terreno (MNT). O MNT, também denominado Modelos Digitais do Terreno (MDT), é capaz de representar grandezas que variam continuamente no espaço, possibilitando, assim, o desenvolvimento de mapas de declividade, de hipsometria e a geração de modelos tridimensionais de terreno.

Para a geração do MNT, foi utilizado o *Triangulated Irregular Network* (TIN), que é uma estrutura de dado digital elaborado a partir da interpolação dos valores de altitude por meio da criação de triângulos entre uma linha e outra, gerando, assim, um modelo matemático com valores altimétricos. Em suma, o arquivo TIN representa o espaço a partir de um conjunto de triângulos com tamanhos variados, sendo gerado a partir das curvas de nível e/ou pontos cotados.

Para a escolha das classes do mapa hipsométrico, utilizou-se o intervalo de 100 m. Esse intervalo foi definido por ter se mostrado mais satisfatório para representação das diferenças de altitude da área de estudo. Para a definição do intervalo do mapa de declividade, foram levados em conta os trabalhos de Lepsch et al. (1991), Ross (1995) e De Biase (1970) (Tabela 2), sendo adaptadas as classes segundo a realidade da área de estudo, que não possui declividades superiores a 38%.

Análise fotogeológica e delimitação das unidades fisiográficas preliminares

A compartimentação fisiográfica foi feita utilizando-se técnicas de fotointerpretação, ou interpretação fotogeológica, segundo metodologia proposta por Guy (1966), Rivereau (1972), Soares e Fiori (1976) e Zaine (2011), adaptada segundo Veneziani e

Anjos (1982) para imagens orbitais de satélite. Nessa técnica, o produto cartográfico gerado é único, porém seccionado em unidades do terreno que refletem as diferentes características referentes ao relevo, solo, geologia, dentre outros, cujas informações são sintetizadas e apresentadas como uma análise integrada (Zaine, 2011). Para os autores Vedovello (2000) e Tinós (2011), a utilização desse procedimento é positiva em relação ao tempo de execução e de aplicabilidade, facilitando ações de planejamento territorial. Na Tabela 3, estão descritas as 3 etapas do método de fotointerpretação.

Na etapa de fotoleitura, foram extraídas as feições da paisagem presentes nas imagens do satélite *Landsat 8* relacionadas à drenagem e ao relevo. Em seguida, na etapa de fotoanálise, foi feita a delimitação preliminar de zonas homólogas segundo a disposição dos elementos de drenagem e relevo, que foram espacializadas na base cartográfica georreferenciada. A partir dessas informações extraídas, foram analisadas a forma e a estrutura desses elementos da paisagem, considerando critérios de densidade dos elementos de drenagem e relevo, amplitude, declividade, forma das encostas/vertentes, formas de topo, entre outros. Tais análises foram feitas também a partir da análise das bandas 5 e 8 do *Landsat 8*, após processamento e a partir dos produtos auxiliares gerados. Também foram analisadas as estruturas geológicas quanto à tropia (orientação), assimetria do relevo e drenagem e sinuosidade da drenagem. A fotoanálise foi baseada nos itens 1 e 2 da Figura 2, como proposto por Zaine (2011).

A fotointerpretação baseou-se na assimilação dos resultados da fotoanálise, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos, de forma a identificar o significado, função e relação das características das unidades fisiográficas delimitadas.

Atividades de campo para reinterpretar dos resultados preliminares

As atividades de campo foram divididas em duas etapas, sendo a primeira com o objetivo de fazer observações para a verificação geral das características e formas da paisagem na área de estudo, anteriormente ao início do mapeamento. A segunda etapa teve como objetivo a realização de ajustes dos limites das unidades fisiográficas definidas, análise das feições de relevo e análise do comportamento geotécnico da área, focando a possibilidade de ocorrência de processos geológicos (especialmente, erosão, movimentos de massa, inundação, alagamento e assoreamento). Também foram verificados os tipos de uso e ocupação predominante em cada unidade.

Foram utilizadas fichas de campo padronizadas, feitas anteriormente ao campo, sendo analisados pontos distribuídos em todas as unidades fisiográficas previamente definidas, como também no contato entre elas, fazendo-se análises de características geológicas e geomorfológicas do terreno, com foco na ocorrência de processos de dinâmica superficial.

Tabela 2. Classes de declividade e principais características.

Classe	Características
0 – 3% 3 – 6%	Declives suaves; escoamento superficial lento a médio; ausência de problemas de erosão linear e laminar
6 – 12%	Superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado; escoamento superficial médio a rápido; suscetível a processos erosivos
12 – 20% 20 – 30%	Grande inclinação do terreno; o parcelamento do solo é permitido somente em áreas com declividade de até 30%; áreas com predomínio de problemas com erosão
> 30%	Áreas com fragilidade muito alta; encostas são os limites para o corte raso da vegetação

Fonte: adaptado de Lepsch et al. (1991), Ross (1995) e De Biase (1970).

Tabela 3. Etapas do processo de fotointerpretação pelo método lógico.

Etapas	Características gerais das etapas
Fotoleitura	Reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição
Fotoanálise	Estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes da imagem
Fotointerpretação	Estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens







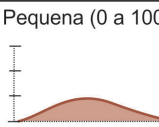
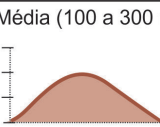
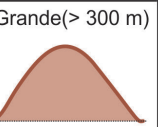
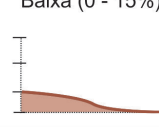
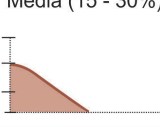
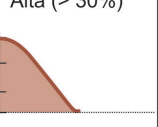







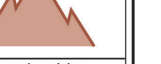
Fonte: Adaptado de Soares e Fiori (1976).

RESULTADOS

A Carta de Compartimentação Fisiográfica foi elaborada após análise das imagens orbitais e dos produtos complementares (mapa hipsométrico e declividade), assim como dos dados geológicos e geomorfológicos da área, conforme apresentado na Figura 3.

Foram delimitadas seis unidades de compartimentação fisiográfica: a Unidade Morfoescultural do Mogi-Guaçu foi dividida em cinco unidades fisiográficas e a Unidade Morfoescultural do Planalto Atlântico, em uma unidade fisiográfica, que estão descritas a seguir.

É importante ressaltar que, para a nomenclatura das unidades, utilizou-se primeiramente a geologia, seguida do modelado predominante, conforme metodologia também adotada por Pilachevsky (2013). Na Figura 4, estão apresentados os detalhes de cada unidade fisiográfica.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo	Baixa (0 a 5/10 km ²)	Média (5 a 30/10 km ²)	Alta (> 30/ km ²)
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem			
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande (> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa 	Côncava 	Retilínea 
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto 		Fechado 
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise Registros de processos geológicos	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Fonte: Zaine (2011).

Figura 2. Análise e interpretação de dados geológicos em imagens de sensoriamento remoto.

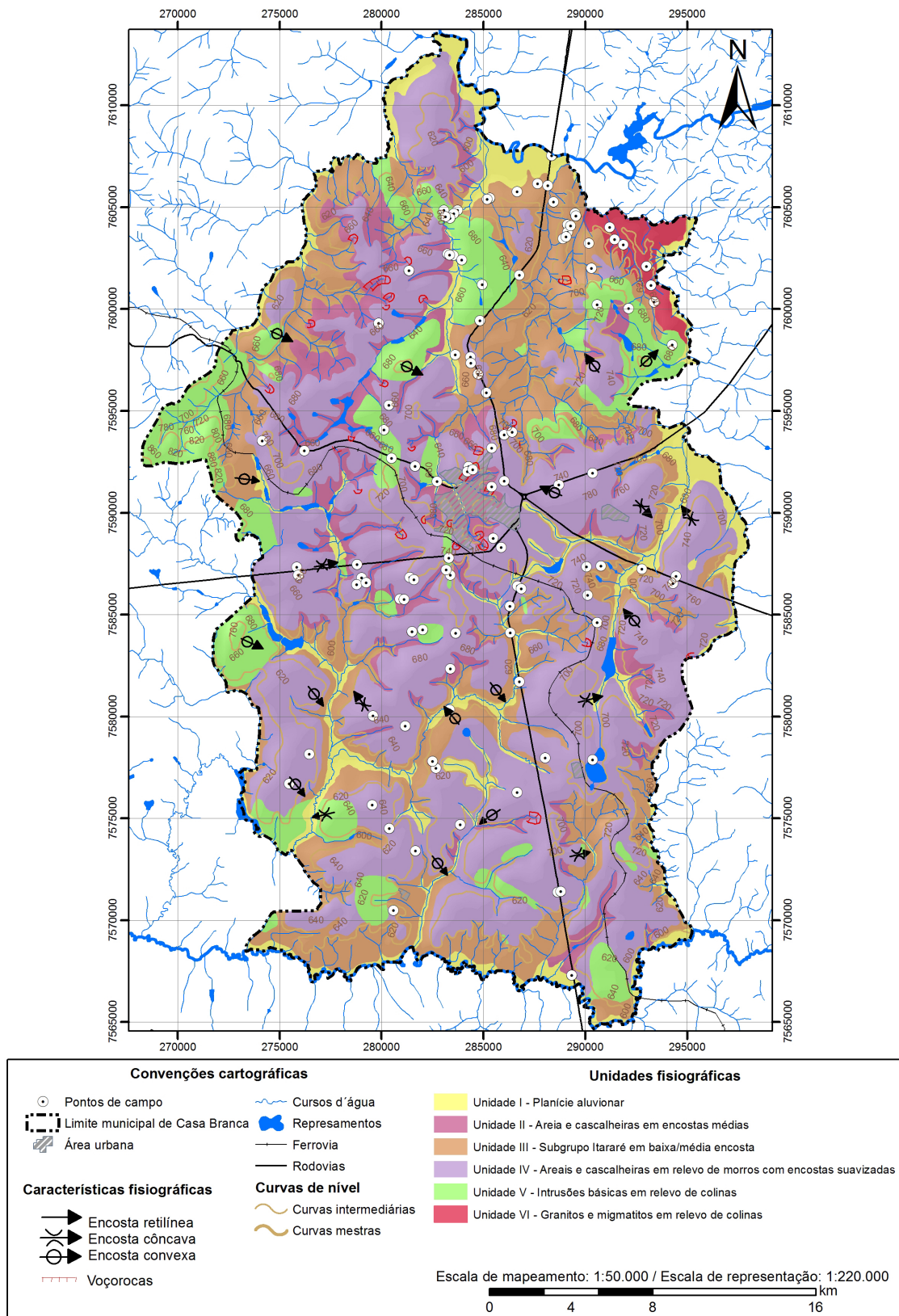


Figura 3. Mapa de compartimentação fisiográfica.

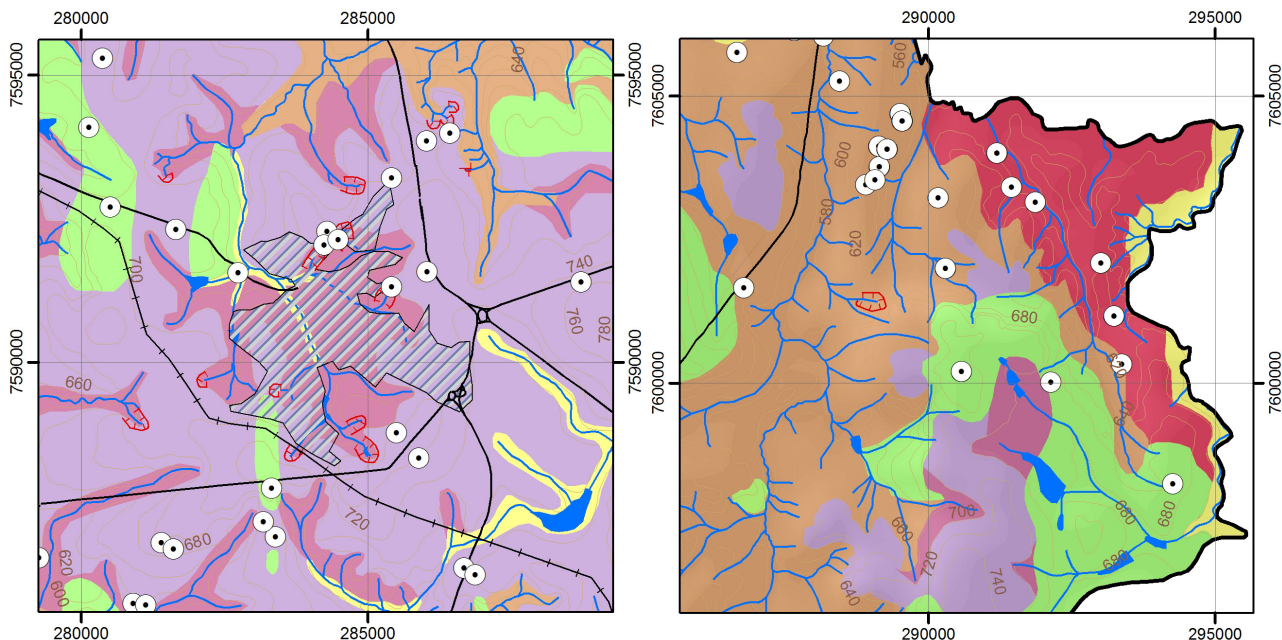


Figura 4. Detalhe das unidades fisiográficas delimitadas em Casa Branca.

Unidade I - planície aluvionar

Essa unidade é caracterizada pelas planícies aluvionares localizadas ao longo dos leitos dos rios, em maior extensão no Rio Pardo, ao norte da área de estudo, e ao longo dos leitos dos rios: Rio Verdinho, Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão dos Cocais e Rio Tambaú. Essas planícies são formadas por areias e argilas inconsolidadas, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados.

Essa unidade está localizada no fundo dos vales, nas porções mais baixas do relevo, apresentando declividades menores que 3% e altitudes variando de 540 a 600 m. São áreas que sofrem, periodicamente, inundações em épocas de alta pluviosidade, que vão de dezembro a fevereiro, podendo causar danos à população que mora próxima a essas áreas.

Essa unidade também está sujeita à ocorrência de processos erosivos, associados ao solapamento das margens pela erosão hídrica do leito do curso d'água, como mostrado na Figura 5. Desse modo, são áreas restritas para a expansão urbana.

Essas áreas possuem alta permeabilidade, baixa relação escoamento/infiltração, grande espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo, espesso material inconsolidado, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Em relação ao uso e cobertura, a Unidade I possui mata ciliar em grande parte de sua área, seguida de campo úmido e alguns reservatórios.

Unidade II - areias e cascalheiras em média encosta

Essa unidade refere-se às áreas de média encosta da Formação Geológica Piraçununga, que são áreas bastante suscetíveis



Figura 5. Solapamento das margens dos leitos de cursos d'água.

à ocorrência de processos erosivos nas cabeceiras das drenagens, visto que grande parte das voçorocas presentes na área de estudo ocorre nessa unidade.

As altitudes variam de 600 a 800 m, e a declividade varia de 3 a 12%, sendo mais suscetível a processos erosivos. A área urbana insere-se nessa unidade (Figura 6), o que aumenta a suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, devido à supressão da vegetação e ao aumento do escoamento superficial pelo asfaltamento das ruas para a ocupação urbana.

Em relação às características geológico-geotécnicas, essa unidade possui média a alta permeabilidade, média a baixa relação de escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo, material

inconsolidado espesso, média a alta suscetibilidade a erosão linear, sendo alta para processos erosivos induzidos, e baixa suscetibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Em relação ao uso e cobertura da terra, essa unidade possui culturas temporárias e permanentes, além de mata ciliar e área urbana.

Unidade III - subgrupo Itararé em média/baixa encosta

Essa unidade refere-se às médias/baixas encostas do Subgrupo Itararé, que também são suscetíveis à ocorrência de processos erosivos nas cabeceiras de drenagem, aliados à interferência antrópica, como representado na Figura 7, onde há criação de animais sem o manejo adequado.

As altitudes variam de 540 a 700 m, e a declividade, de 3 a 12%. O solo é argiloso-siltoso e apresenta colúvios,



Figura 6. Proximidade de voçorocas com construções urbanas. (A) Voçoroca prejudicando construções; (B) voçoroca próxima à área urbana.

representados por grânulos de seixos de quartzos. Quanto às características geotécnicas, essa unidade possui alta a média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, topo rochoso profundo, material inconsolidado espesso, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.

Quanto ao uso e cobertura, essa unidade é coberta por cultura temporária e permanente, floresta, áreas com silvicultura e pastagens. Em campo, não foram verificadas feições erosivas.

Unidade IV - areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas

Essa unidade refere-se aos topos da Formação Piraçununga e Subgrupo Itararé. Essa unidade foi separada devido ao seu menor potencial erosivo em relação às unidades de encostas.

Suas declividades variam de 3 a 12%, e as altitudes, de 540 a 800 m. Quanto às características geotécnicas, essa unidade possui alta a média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, material inconsolidado espesso a intermediário, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Uma característica dessa unidade é que as encostas são predominantemente convexas, sendo ocupadas por culturas temporárias e permanentes, silvicultura, floresta e pastagens.

Embora essa unidade possua média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida, em campo, não foram observadas feições erosivas, possivelmente devido às técnicas de manejo do solo.

Unidade V - intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas

Essa unidade é formada por intrusões de diabásio, caracterizada pela presença de “terra roxa”. Os diabásios são



Figura 7. Erosão fluvial na área de preservação permanente (APP) – solapamento das margens do rio.

constituídos de minerais de baixa resistência à decomposição (IPT, 1981b), portanto, possuem solos de alteração profundos, principalmente nos topos.

Em campo, foi observada uma cachoeira em diabásio bastante estruturado (Figura 8A). Essas cachoeiras normalmente são formadas em locais onde a estruturação é grande ou em locais de quebra de relevo ou contato geológico. Em campo, também foi observada uma pedra abandonada com forte estruturação do diabásio (Figura 8B), que não apresenta nenhum vestígio de técnicas de recuperação ambiental, podendo inclusive virar depósito clandestino de resíduos.

As altitudes variam de 600 a 800 m, chegando a valores de 900 m de altitude no extremo oeste da área de estudo, onde se encontra relevo residual.

Essa unidade possui áreas com média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo a intermediário e material inconsolidado espesso a



Figura 8. (A) Cachoeira com forte estruturação do diabásio; (B) Detalhe da pedra abandonada.

intermediário. Quanto à suscetibilidade, essas áreas possuem média a baixa suscetibilidade à ocorrência de erosão linear e de movimentos gravitacionais de massa. São áreas adequadas à expansão urbana, desde que seja feito um planejamento adequado. A presença de blocos rochosos aflorantes (matacões), dificulta o estabelecimento de determinados usos (Figura 9). Como exemplo, em áreas de plantio, a presença desses blocos dificulta a mecanização da colheita, pois as máquinas podem ser estragadas se esbarrarem com um matacão.

Em relação ao uso e cobertura da terra, predominam as culturas temporárias, principalmente cana-de-açúcar, seguidas de culturas permanentes, como laranja, e fragmentos de florestas.

Unidade VI - granitos e migmatitos em relevo de colinas

Essa unidade está localizada no extremo nordeste da área de estudo, no complexo migmatítico-granítico. Os vales são abertos, as encostas são predominantemente convexas, com algumas côncavas, a suscetibilidade à erosão linear induzida é média a alta e a suscetibilidade à erosão linear e movimentos gravitacionais de massa é baixa.

As áreas inseridas nessa unidade possuem alta permeabilidade, baixa relação escoamento/infiltração, grande espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo e material inconsolidado espesso. Existem afloramentos de blocos rochosos (matacões), o que denota a potencialidade de rolamento desses blocos (Figura 10). Porém, como a declividade é baixa, de 0 a 6%, a potencialidade de ocorrência é baixa. As altitudes variam de 540 a 700 m. O uso predominante é a cultura temporária (cana-de-açúcar) e, em alguns locais, há mata ciliar e fragmentos de florestas.



Figura 9. Blocos rochosos de diabásio alterado no meio de culturas.



Figura 10. Blocos aflorantes (matacões).

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa, é possível concluir que a maior parte da área possui baixa declividade, inferior a 15%, demonstrando que esse fator não é o condicionante principal para a ocorrência de erosão linear generalizada na região. No caso da área de estudo, concluiu-se que o problema da ocorrência de voçorocas está relacionado ao uso inadequado do solo, principalmente na porção de periferia da área urbana de Casa Branca e no entorno de empreendimentos, como as rodovias. Muitas voçorocas foram deflagradas pelo lançamento inadequado de águas pluviais, possibilitando a formação de linhas de fluxo concentrado.

Destaca-se, ainda, que a utilização de imagens de média resolução (*Landsat 8*) foi capaz de salientar de forma satisfatória os elementos texturais do relevo necessários para análise, assim como nos estudos de Silva et al. (2010), Nascimento e Garcia (2005), Oliveira et al. (2007) e Cardoso et al. (2009).

Através da compartimentação fisiográfica, com auxílio das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, obteve-se uma melhor compreensão da área de estudo em termos de especificidades do terreno, mostrando-se um método eficiente, de fácil aplicação e de custo relativamente baixo, tendo uma relação custo/benefício muito interessante para as administrações de municípios de pequeno porte que o usarem no mapeamento territorial.

Considerando-se as unidades fisiográficas, destaca-se a Unidade I, que periodicamente sofre com o processo de inundação nos períodos de alta pluviosidade, podendo, em certos pontos, alcançar a área urbana e os núcleos rurais, causando danos à população. Já as Unidades II e III possuem maior grau de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico, possibilitando a formação de processos erosivos lineares, especialmente, quando há o manejo inadequado do solo e do controle das águas pluviais.

A Unidade IV possui média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida, com solos arenosos, mas atualmente o solo está sendo manejado de forma adequada, evitando-se a ocorrência de processos erosivos de forma intensa.

A Unidade V é caracterizada pela ocorrência de solos argilosos do tipo latossolo roxo e “terra roxa” estruturada, formados a partir da alteração de rochas intrusivas básicas, sendo seu principal problema a presença de matacões e blocos rochosos, que podem dificultar a mecanização agrícola de forma localizada.

A Unidade VI, representada pelo complexo migmatítico-granítico, também é caracterizada pela ampla ocorrência de afloramentos rochosos (matacões), podendo dificultar a mecanização agrícola em determinados pontos, ocorrendo ainda uma média a alta suscetibilidade à ocorrência de erosão linear induzida.

Por fim, a metodologia adotada para a pesquisa, que envolveu a abordagem integrada adotada por Zaine (2011) e Vedovello e Mattos (1998), se mostrou bastante eficiente para a delimitação de unidades fisiográficas com comportamentos diferenciados, especialmente em termos de processos de dinâmica superficial. Portanto, espera-se que a pesquisa possa dar suporte às decisões do planejamento urbano no município de Casa Branca e que os procedimentos descritos possam servir de base para a elaboração de estudos geoambientais em outros municípios.

REFERÊNCIAS

- Assine, M. (2005). River avulsion on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, 70, 357-371.
- Azevedo, A. A. B, Massoli, M. (1984). Geologia da Folha de Aguaí, SP. *Revista IG*, 5(1-2), 39-44.
- Brasil. (1984). *Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984*. Brasília, DF.
- Cardoso, D., Riedel, P. S., Vedovello, R., Brollo, M. J., Tominaga, L. K. (2009). Compartimentação fisiográfica do município de Peruipe, litoral de São Paulo — uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos. *Pesquisas em Geociências*, 3(36), 251-262.
- Cezar, R. V. (2011). *Carta geoambiental (1:50.000) e trilhas interpretativas da Zona Turística do Vale do Pati, Chapada Diamantina – BA*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.
- Corrêa, C. V. S. (2013). *Zoneamento geoambiental da região compreendida pelas folhas topográficas São José dos Campos e Jacareí - SP*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.

- Crepani, E., Medeiros, J. S., Azevedo, L. G., Duarte, V., Hernandez, P., Florenzano, T. (1996). *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos: INPE.
- Crósta, A. P. (1992). *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP.
- De Biase, M. (1970). Cartas de declividade: confecção e utilização. *Geomorfologia*, 21, 8-12.
- Figueiredo Filho, M. P., Frakes, L. A. (1968). Itararé Sub-group, Tubarão Group in the Mococa - Casa Branca region - São Paulo State. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 17(1), 59-63.
- Florenzano, T. G. (2008). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Freitas, R. O., Mezzalira, S., Oda, G. H., Vieira, P. C., Torres, C. C., Hachiro, J., Tominaga, L. K., Dehira, L. K., Massoli, M., Azevedo, A. A. B., Pressinoti, M. M. N. (1979). Projeto de levantamento geológico de formações superficiais. *2º Simpósio Regional de Geologia*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 263-277.
- Furlani, G. M. (1980). *Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP.
- Guy, M. (1966). Quelques principes e quelques experiences sur la metodologie de la photo-interpretation. *Symposium Internacional de Photo-Interpretation*, v.1, 21-41. Paris.
- Herbertson, A.J. (1905). The major natural regions: an essay in systematic geography. *Geographical Journal*, 300-312.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). (1981a). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:1.000.000. São Paulo: IPT.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). (1981b). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo: IPT.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1969). *Folha de São José do Rio Pardo*. Escala 1:50.000. São Paulo: IBGE. SF-23-V-C-VI-1.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1972a). *Folha de Casa Branca*. Escala 1:50.000. São Paulo: IBGE. Folha SF-23-V-C-V-4.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1972b). *Folha do Rio Tambaú*. Escala 1:50.000. São Paulo: IBGE. SF-23-V-C-V-2.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1972c). *Folha de São João da Boa Vista*. Escala 1:50.000. São Paulo: IBGE. SF-23-V-C-VI-3.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2010). *Censo demográfico 2010*. Acesso em: 10 de maio de 2013, <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=351080&search=sao-paulo|casa-branca>>
- Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG). (1982). *Formações geológicas de superfície: Folha Geológica São João da Boa Vista*. Escala 1:50.000. São Paulo: IG. SF-23-V-C-VI-3.
- Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG). (1983). *Formações geológicas de superfície: Folha Geológica Casa Branca*. Escala 1:50.000. São Paulo: IG. SF-23.V-C-V-4.
- Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG). (1985). *Formações geológicas de superfície: Folha Geológica do Rio Tambaú*. Escala 1:50.000. São Paulo: IG. SF-23.V-C-V-2.
- Lepsch, I. F., Bellinazzi, R., Bertolini, D., Espíndola, C. R. (1991). *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Lima, K. C., Cunha, C. M. L., Perez-Filho, A. (2013). Difficulties and possibilities of mapping geomorphological in Brazilian semi-arid. *Brazilian Magazine of Cartography*, 65, 1063-1073.
- Maia, M. S. O. (2003). *Zoneamento geotécnico do sítio urbano do município de Rio Branco/AC e seus arredores, para fins de planejamento com ênfase à expansão urbana, através do sensoriamento remoto*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.
- Maretti, C. C. (1989). *Exemplos de geologia aplicada a um processo de planejamento costeiro: cartas geológico-geotécnicas da região estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia e da Ilha Comprida*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- Nascimento P. S. R., Garcia G. J. (2005). Compartimentação fisiográfica para análise ambiental do potencial erosivo a partir das propriedades da rede de drenagem. *Revista de Engenharia Agrícola*, 25(1), 231-241.
- Oliveira, J. B., Camargo, M. N., Rossi, M., Calderano Filho, B. (1999). *Mapa pedológico do Estado de São Paulo*. Legenda Expandida. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas; Rio de Janeiro: EMBRAPA - Solos.

- Oliveira, T. A., Riedel, P. S., Vedovello, R., Souza, C. R. G., Brollo, M. J. (2007). Utilização de técnica de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananéia, SP — apoio ao planejamento territorial e urbano. *Revista Geociências, UNESP*, 26(1), 55-65.
- Paula, J. P. L., Zaine, J. E., Lima, M. S., Oliveira, E. M. (2008). Análise fisiográfica aplicada à elaboração de mapa geológico-geotécnico de região da Serra do Mar e Baixada Santista. *Revista Geociências, UNESP*, 27(2), 249-264.
- Pilachevsky, T. (2013). *Zoneamento geoambiental do município de São João da Boa Vista (SP)*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.
- Rivereau, J. C. (1972). Notas de aulas do curso de fotointerpretação. *Semana de Estudos - SICEG. Fotografias Aéreas - Aplicações Técnicas*. Ouro Preto: SICEG.
- Rocha, C. H. B. (2000). *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Editora do Autor.
- Rokos, D., Argialas, D., Mavratza, R., Seymour-St., C., Vamvoukakis, K., Kouli, M., Lamera, S., Paraskevas, H., Karfakis, I., Denes, G. (2000). Structural analysis for gold mineralization using remote sensing and geochemical techniques in a GIS environment: Island of Lesbos, Hellas. *Natural Resources Research*, 9, 277-293.
- Ross, J. L. S. (1995). Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia, FFLCH, USP*, (9), 65-75.
- Ross, J. L. S., Moroz, I. C. (1997). *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo: USP; IPT; FAPESP.
- Salomão, F. X. T., Iwasa, O. U. (1995). Erosão e a ocupação rural e urbana. In: O. Y. Itar, *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente* (31-58). São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia; Instituto de Pesquisas Espaciais.
- Silva, P. F., Vedovello, R., Ferreira, C., Cripps, J., Brollo, M., Fernandes, A. (2010). Geo-environmental mapping using physiographic analysis: constraints on the evaluation of land instability and groundwater pollution hazards in the Metropolitan District of Campinas, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 61(8), 1657-1675.
- Soares, P. C., Fiori, A. P. (1976). Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*, 32(6), 71-104.
- Tinós, T. M. (2011). *Mapeamento geológico-geotécnico a partir de Metodologia de análise integrada: ensaio de Aplicação no município de Poços de Caldas – MG*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.
- Vaz, L. F. (1996). Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. *Solos e Rochas*, 19(2), 117-136.
- Vedovello, R. (1993). *Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico: aplicação em expansão urbana*. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Vedovello, R., Mattos, J. T. (1998). A utilização de unidades básicas de compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas: uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. *Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica*. Florianópolis: ABGE.
- Vedovello, R. (2000). *Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.
- Veneziani, P., Anjos, C. E. (1982). *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento e aplicações em geologia*. São José dos Campos: INPE.
- Vieira, P. C. (1982). Geologia da Folha de Rio Capetinga. *Revista do Instituto Geológico*, 3(2), 23-52.
- Wang, Y., Colby, J. D., Mulcahy, K. A. (2002). An efficient method for mapping flood extent in a coastal flood plain using Landsat TM and DEM data. *International Journal of Remote Sensing*, 23(18), 3681-3696.
- Zaine, J. E. (2011). *Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG*. Tese (Livre Docência). Rio Claro: UNESP.
- Zuquette, L. V., Gandolfi, N. (2004). *Cartografia geotécnica*. São Paulo: Oficina de Textos.