



A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento

*Adriano Luís Heck Simon
Cenira Maria Lupinacci
(Org.)*

**A cartografia
geomorfológica
como instrumento
para o planejamento**





Reitoria

Reitor: *Pedro Rodrigues Curi Hallal*

Vice-Reitor: *Luis Isaiás Centeno do Amaral*

Chefe de Gabinete: *Taís Ullrich Fonseca*

Pró-Reitor de Graduação: *Maria de Fátima Cossio*

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: *Flávio Fernando Demarco*

Pró-Reitor de Extensão e Cultura: *Francisca Ferreira Michelin*

Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento: *Otávio Martins Peres*

Pró-Reitor Administrativo: *Ricardo Hartlebem Peter*

Pró-Reitor de Infra-estrutura: *Julio Carlos Balzano de Mattos*

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis: *Mário Renato de Azevedo Jr.*

Pró-Reitor de Gestão Pessoas: *Sérgio Batista Christino*

Conselho Editorial

Presidente do Conselho Editorial: *Ana da Rosa Bandeira*

Representantes das Ciências Agrárias: *Guilherme Albuquerque de Oliveira Cavalcanti (TITULAR),*

Cesar Valmor Rombaldi e Fabrício de Vargas Arigony Braga

Representantes da Área das Ciências Exatas e da Terra: *Adelir José Strieder (TITULAR),*

Juliana Pertille da Silva e Daniela Buske

Representantes da Área das Ciências Biológicas: *Marla Piumbini Rocha (TITULAR),*

Rosângela Ferreira Rodrigues e Raquel Ludke

Representantes da Área das Engenharias e Computação: *Darci Alberto Gatto (TITULAR)*

e Rafael Beltrame

Representantes da Área das Ciências da Saúde: *Claiton Leoneti Lencina (TITULAR)*

e Giovanni Felipe Ernst Frizzo

Representantes da Área das Ciências Sociais Aplicadas: *Célia Helena Castro Gonsales (TITULAR)*

e Sylvio Arnoldo Dick Jantzen

Representante da Área das Ciências Humanas: *Charles Pereira Pennaforte (TITULAR),*

Edgar Gandra e Guilherme Camargo Massau

Representantes da Área das Linguagens e Artes: *Josias Pereira da Silva (TITULAR)*

e Maristani Polidori Zamperetti

A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento

*Adriano Luís Heck Simon
Cenira Maria Lupinacci
(Org.)*



Filiada à A.B.E.U.

Rua Benjamin Constant, 1071 - Porto
Pelotas, RS - Brasil
Fone +55 (53)3227 8411
editora.ufpel@gmail.com

Direção

Ana da Rosa Bandeira
Editora-Chefe

Seção de Pré-Produção

Isabel Cochrane
Administrativo

Seção de Produção

Gustavo Andrade
Administrativo
Suelen Aires Böettge
Administrativo
Anelise Heidrich
Revisão
Guilherme Bueno Alcântara (Bolsista)
Design Editorial

Seção de Pós-Produção

Morgana Riva
Assessoria
Madelon Schimmelpfennig Lopes
Administrativo

Revisão Técnica

Ana da Rosa Bandeira

Revisão Ortográfica

Anelise Heidrich

Projeto Gráfico

Suelen Lulhier

Dados de Catalogação na Publicação
Simone Godinho Maisonave – CRB-10/1733

C328 A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento [recurso eletrônico]. / organizadores Adriano Luís Heck Simon e Cenira Maria Lupinacci. – Pelotas, Ed. da UFPel, 2019.
172 p.: il.

PDF – 12,4 MB
ISBN 978-85-517-0039-6

1. Cartografia 2. Cartografia geomorfológica 3. Relevo 4. Meio urbano 5. Meio rural 6. Áreas litorâneas 7. Conservação da natureza I. Simon, Adriano Luís Heck, org. II. Lupinacci, Cenira Maria, org.

CDD 526

SOBRE OS ORGANIZADORES

Adriano Luís Heck Simon *Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)*

[Currículo Lattes](#)

Doutor em Geografia (UNESP/Rio Claro) e Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil). Atua na área de Geografia Física, com ênfase nos seguintes temas: Geodiversidade, Patrimônio geomorfológico e Geoconservação; Cartografia Geomorfológica e Relações Morfodinâmica X Ocupação e Uso das Terras e Geomorfologia Antropogênica.

Cenira Maria Lupinacci *Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento IGCE – UNESP – Campus de Rio Claro*

[Currículo Lattes](#)

Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1993), mestrado em Geografia (1997), doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001) e livre docência em Geomorfologia. Atualmente é professora doutora da Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: cartografia geomorfológica, erosão e planejamento ambiental.

SUMÁRIO

- 8 Introdução**
- PARTE 1 – APLICAÇÕES NO MEIO RURAL**
- 13 1 Mapeamento geomorfológico de detalhe**
- 22 2 A cartografia geomorfológica no auxílio do estudo dos processos erosivos: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Alam Grei (SP)**
- 36 3 A cartografia geomorfológica retrospectiva como instrumento de análise das mudanças morfológicas da Bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**
- 52 4 Contribuições para a cartografia geomorfológica em área rural degradada**
- PARTE 2 – APLICAÇÕES NO MEIO URBANO**
- 66 5 Alterações no relevo provocadas pelas urbanização no setor oeste da cidade de Rio Claro (SP)**
- 80 6 Contribuições da cartografia geomorfológica de detalhe para o planejamento urbano**
- PARTE 3 – APLICAÇÕES EM ÁREAS LITORÂNEAS**
- 98 7 A cartografia geomorfológica de detalhe aplicada ao município de Ilha Comprida (SP)**
- 114 8 Mapeamento geomorfológico de detalhe e de uso e cobertura da terra: instrumentos básicos para o planejamento ambiental**
- PARTE 4 – APLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**
- 132 9 Cartografia geomorfológica do Parque Estadual do Camaquã (RS): subsídios à elaboração do zoneamento ambiental**
- 148 10 Análises do relevo antropogênico voltado à geoconservação: estudo no Geossítio Minas do Camaquã (RS)**
- 166 A título de discussão e considerações finais**
- 168 Sobre os autores**

Introdução

O relevo constitui o substrato de todas as atividades humanas, sejam essas de caráter rural ou urbanas. Assim, a avaliação criteriosa das características e dos processos inerentes à evolução do relevo constitui-se em conhecimento científico primordial para o estabelecimento de bases consistentes para a conservação e preservação de adequadas condições ambientais. Dessa forma, o relevo enquanto elemento natural encontra-se em constante processo evolutivo, o qual tradicionalmente ocorre no tempo da natureza. Contudo, o constante uso que sobre esse se estabelece pelo homem impõe uma nova dinâmica a essa evolução, perturbando de forma significativa a escala temporal da mesma. Considera-se, portanto, que atualmente a dinâmica do relevo deve ser compreendida também a partir da escala temporal histórica, visando a avaliar como a ação antrópica interfere nas morfologias e nos processos morfodinâmicos que tornam cada dia mais complexas as interações desse elemento natural com os demais e com a própria comunidade que sobre este se estabelece.

Nesse cenário, o mapeamento das formas do relevo constitui-se em instrumento técnico imprescindível para a avaliação das fragilidades naturais desse elemento, assim como para a análise das mudanças de dinâmica provocadas pela ação do homem. A cartografia de tais formas permite identificar as características desse elemento natural que indicam potencialidade para a dinamização de processos geomorfológicos. Assim, a partir de tal identificação torna-se possível planejar a ocupação e o uso das terras de forma a evitar os terrenos de maior fragilidade ou ainda gerenciar tal fragilidade.

Contudo, o processo de mapeamento do relevo consiste em criar um modelo cartográfico bidimensional desse elemento tridimensional, o que implica em uma perda de detalhes, controlada principalmente pela escala cartográfica a ser utilizada. Dessa forma, quando se analisa a bibliografia geomorfológica sobre a cartografia do relevo encontram-se inúmeras propostas metodológicas para a realização desse tipo de mapeamento. Tal diversidade deve-se tanto a dificuldade inerente no processo da cartografia do relevo como também ao universo de formas e origens a serem cartografadas, já que o relevo, ao desenvolver-se, em um cenário natural, a partir da interação dos elementos geológicos com os climáticos, apresenta uma variação processual compatível com a de seus elementos constituintes. No cenário atual, tal diversidade de feições e processos ainda é afetada pela ação do homem, a qual atua, em muitas situações, de forma drástica sobre as formas do relevo.

Assim, o objetivo deste livro é apresentar um conjunto de estudos que tem como procedimento metodológico principal a cartografia do relevo e a análise de dados produzidos por tal processo cartográfico, em diversas situações de uso e ocupação da terra, e com diversificados objetivos específicos. Assim, a partir da adaptação para o cenário nacional de diversas propostas metodológicas de cartografia do relevo, apresenta-se um conjunto de estudos que ilustram a importância e a utilidade do mapeamento geomorfológico nos dias atuais, visando ao planejamento das ações humanas que sobre esse se desenvolvem. Dominantemente, as bases metodológicas encontram-se na bibliografia clássica francesa, com o acréscimo de procedimentos e simbologias que visam a identificar e mapear feições do relevo originadas pelas ações antropogênicas.

Dessa forma, a obra encontra-se organizada em quatro partes, a saber:

PARTE 1

Inicia-se com um capítulo sobre a cartografia geomorfológica de detalhe e a proposta de autores clássicos e seus desdobramentos metodológicos. Na sequência, a parte 1 foca o ambiente rural, enfatizando como a cartografia geomorfológica pode auxiliar o diagnóstico de problemas erosivos e apontar os ambientes mais suscetíveis ao desenvolvimento de ações lineares. Como estudo de caso, apresenta-se o diagnóstico, por meio de modelagem, das perdas de solo na bacia do Ribeirão Alan Grey e a comparação desse diagnóstico com mapeamentos geomorfológicos tradicionais, visando a avaliar se a distribuição espacial das formas de relevo pode validar o modelo utilizado. Nesse caso, empregam-se dados produzidos pela cartografia geomorfológica, de caráter qualitativo, como elemento de validação dos dados quan-

titativos, obtidos por modelagem. Já o trabalho desenvolvido na bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro (Analândia, SP), por sua vez, visa a analisar as mudanças do relevo numa série histórica de 51 anos. Nessa perspectiva, os dados produzidos com base na cartografia geomorfológica retrospectiva foram avaliados em conjunto com as informações do uso e cobertura da terra, fornecendo subsídios para discutir as implicações antropogênicas na morfodinâmica desse sistema ambiental. O estudo de caso de Marabá Paulista (SP) também se aproxima dessa concepção, contudo, nesse caso, enfatizam-se os processos erosivos e os sistemas de manejo, os quais, avaliados historicamente a partir da cartografia geomorfológica evolutiva, nem sempre têm sido eficientes na conservação da área.

PARTE 2

Na parte 2 apresentam-se estudos de caso voltados para o ambiente urbano, o qual, ao impermeabilizar as superfícies e remodelar a topografia, por meio de cortes e aterros, provoca significativas mudanças na dinâmica do relevo sobre o qual se assenta. Dessa forma, o primeiro capítulo foca sobre as alterações provocadas pela urbanização na cidade de Rio Claro (SP) e constitui-se em exemplo de como as variações naturais da topografia dos sítios urbanos podem gerar diferentes efeitos processuais, sob o mesmo tipo de uso da terra. Assim, a partir da cartografia geomorfológica de diferentes períodos, em associação com dados dos materiais inconsolidados, avalia-se o processo de urbanização dessa cidade média do interior do estado de São Paulo. Ainda, a pesquisa desenvolvida em Piracicaba (SP) demonstra como os dados históricos, produzidos pela cartografia geomorfológica de diversificados períodos, podem interferir na dinâmica geomorfológica atual de áreas urbanas, demonstrando a importância desses para o diagnóstico de áreas com restrições ao uso urbano.

PARTE 3

Enfatizam-se estudos em áreas litorâneas, as quais se constituem em um desafio para a cartografia geomorfológica. No litoral, além da atuação dos agentes geológicos, hidrográficos e climáticos na elaboração do relevo, tem-se um quarto agente (deposicional e erosivo) vinculado à ação marinha. Portanto, a cartografia geomorfológica nessas áreas exige habilidade excepcional do elaborador, visando a representar essa diversidade de gênese, a qual se reflete na diversidade de feições do relevo. Apresenta-se assim um estudo de trechos da Ilha Comprida (SP), de caráter histórico, no qual, através da cartografia geomorfológica evolutiva, demonstram-se

as mudanças na morfodinâmica produzidas pelas ações antrópicas nesses terrenos, já frágeis e complexos por natureza. Ainda, um segundo estudo, apresenta mapeamentos geomorfológicos dos municípios de Mongaguá e Itanhaém (SP), buscando identificar as diferenças do relevo dessas áreas e a influência de tais diferenças no uso e ocupação da terra. Por fim, é apresentado um estudo de cartografia geomorfológica evolutiva realizado na planície costeira gaúcha, em ambiente sob predomínio da morfodinâmica flúvio lacustre. Pautado na cartografia geomorfológica evolutiva, o estudo foi conduzido no Parque Estadual do Camaquã, que abrange o delta intralagunar do Rio Camaquã, a fim de analisar as alterações morfohidrográficas e subsidiar a elaboração do zoneamento ambiental dessa unidade de conservação.

PARTE 4

Encerra-se a obra com estudos que, a partir dos dados produzidos por mapeamentos geomorfológicos, buscam apontar as potencialidades para a conservação da natureza. Inicialmente são apresentados os resultados da aplicação de mapeamentos geomorfológicos na definição de unidades homogêneas de zoneamento ambiental do Parque Estadual do Camaquã (Rio Grande do Sul). Em seguida são realizadas aproximações entre a abordagem antropogeomorfológica e o conceito de geodiversidade, a partir do mapeamento geomorfológico de detalhe elaborado para a área de proteção do Geossítio Minas do Camaquã (Rio Grande do Sul).



PARTE 1



*Aplicações
no meio rural*

1 Mapeamento geomorfológico de detalhe

Simone Emiko Sato; Cenira Maria Lupinacci

Introdução

A Geomorfologia é um ramo das Ciências da Terra, cujo objeto de estudo é o relevo. De acordo com Penteadó (1974), as origens do conhecimento geomorfológico remontam à época em que o conhecimento científico associava-se às descrições dos aspectos fisiográficos da Terra. Ainda segundo a autora, somente ao final do século XIX, essa ciência passa da descrição para a explicação da ampla diversificação de formas do relevo.

O interesse pela explicação das formas e a construção do conhecimento geomorfológico associa-se diretamente à importância do relevo como suporte para a humanidade. Segundo Marques (2013), os relevos são os pisos onde as sociedades se fixam e desenvolvem suas diversas atividades. Dessa forma, o relevo determina e também é modificado pelas atividades antrópicas.

A análise do relevo sob a ótica da abordagem sistêmica na geografia demonstra que existe uma relação dinâmica entre seus elementos formadores, sejam eles intrínsecos ou extrínsecos, evidenciando que a sua configuração é o resultado de agentes e processos, atuais e pretéritos. Isso é de suma importância para um adequado uso e ocupação das terras.

No Brasil, segundo Vitte (2010), até os anos de 1950, os estudos de geomorfologia eram limitados pela técnica. Foi a partir dessa década que se iniciou o uso das fotografias aéreas nas pesquisas geográficas e geomorfológicas. Esse fato possibilitou a visão tridimensional das morfologias e suas associações em escalas, que, somado aos trabalhos de campo, permitiu a elaboração de hipóteses para a explicação dos fenômenos geomorfológicos em ambiente intertropical (VITTE, 2010).

O aprimoramento do sensoriamento remoto e a divulgação de seus produtos proporcionaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e metodologias de análise do relevo. Dentre os instrumentos e técnicas para a pesquisa do relevo, destaca-se o mapeamento geomorfológico. De acordo com Kohler (2002) “...a melhor maneira de representar uma análise geomorfológica é através da cartografia” (KOHLER, 2002, p.25).

O mapa geomorfológico constitui a base das pesquisas ambientais. Além da representação cartográfica das feições morfológicas, o mapa, como produto final, é a concepção sintética do relevo, o fundamento da pesquisa geomorfológica.

De acordo com Griffiths e Abraham (2008), os mapas geomorfológicos possibilitam a espacialização e a compreensão dos processos atuais e pretéritos que criaram as paisagens contemporâneas. Para Verstappen e Zuidam (1975), o levantamento geomorfológico é uma ferramenta de grande valor para a avaliação dos recursos naturais.

Os mapas geomorfológicos, de acordo com Verstappen e Zuidam (1975), podem ser de três tipos: mapas preliminares – referentes aos elaborados antes do trabalho de campo e baseados na interpretação de fotografias aéreas; mapas com fins gerais – resultado de investigações geomorfológicas puras e que geralmente podem ser aplicáveis em mãos de um geomorfólogo competente; mapas com fins especiais – produtos de investigações geomorfológicas aplicadas, podendo ser subdivididos em mapas de morfoconservação e mapas hidromorfológicos.

Segundo Kohler (2002), a escolha da escala de estudo de um relevo determina as estratégias e as técnicas de análise geomorfológica.

Torres, Marques Neto e Menezes (2012) atentam para a importância da escolha da escala para a cartografia geomorfológica, destacando a contribuição de Tricart (1965) referente à definição de táxons representativos das ordens de grandeza dos fatos geomorfológicos.

Cailleux e Tricart (1965, p.79) estabelecem oito ordens de grandeza para a análise do relevo. Segundo os autores citados:

Primeira grandeza: refere-se à escala global, representada pelas grandes divisões da superfície do globo. Essas divisões refletem o antagonismo entre as forças internas, por exemplo, a diferenciação entre os continentes e bacias oceânicas, e as forças externas da Terra, como exemplo, a divisão do globo em zonas climáticas;

Segunda grandeza: representa subdivisões da grandeza anterior, definidas pela diferenciação estrutural e dimensão temporal, na ordem de milhões de quilômetros quadrados. Como exemplo, os escudos, a dorsal, as faixas orogênicas e as bacias sedimentares;

Terceira grandeza: unidades na ordem de centenas a dezenas de milhares de quilômetros. Correspondem a unidades de um domínio estrutural geralmente bem individualizadas na paisagem, que evoluíram durante dezenas de milhares de anos. De acordo com Torres, Marques Neto e Menezes (2012), a ênfase do estudo é dada pelos estágios de denudação. Como exemplo, os maciços e as bacias sedimentares;

Quarta grandeza: correspondem a unidades de dezenas a centenas de quilômetros quadrados. As unidades dessa ordem são dotadas de certa autonomia no interior das unidades superiores. Cailleux e Tricart (1965) destacam os fenômenos de compensação isostática como catalisadores dos processos morfogenéticos;

Quinta grandeza: refere-se às unidades quilômetros quadrados que podem ser bem estudadas em cartas na escala 1:20.000. Essas unidades correspondem a relevos derivados da relação entre a litologia e a erosão diferencial. Por exemplo, as cuevas e as escarpas de falha;

Sexta grandeza: corresponde a dimensões de dezenas de metros a centenas de metros quadrados. Está associada aos processos de dissecação e às condicionantes da litologia. Exemplos: cones de dejeção, colinas, etc;

Sétima grandeza: são formas na ordem do decímetro ao metro. Possuem relação mais estreita com os processos de esculturação e de deposição. Nesse nível escalar, as influências tectônicas desaparecem e há o predomínio da influência litológica, do clima e das condições locais. Por exemplo, lapiás, placas de descamação, etc;

Oitava grandeza: segundo Cailleux e Tricart (1965), a compreensão de certos processos exige do pesquisador a investigação das dimensões bem inferiores do relevo, referentes à escala do milímetro ao microscópico, com vista à análise dos processos e identificação dos mecanismos morfogenéticos.

Portanto, cada nível taxonômico do relevo possui relação direta com a sua escala de representação. Dessa forma, os níveis taxonômicos superiores se enquadram na escala global de representação do relevo, os níveis intermediários à representação regional e os níveis inferiores na representação local. Da primeira à quarta grandeza a influência estrutural é determinante para a individualização das unidades de relevo. Da quinta à oitava grandeza, são identificadas mais claramente as formas derivadas da erosão diferencial e dos processos morfogenéticos (TORRES, MARQUES NETO, MENEZES, 2012).

Neste contexto, o objetivo deste capítulo é discutir a importância do mapeamento geomorfológico de detalhe para os estudos ambientais, correspondente à quarta, quinta e sexta ordens de grandeza, segundo a proposta por Cailleux e Tricart (1965), e a sua representação cartográfica, segundo *Centre de Géographie Appliquée* – CGA - Tricart (1965).

O mapa geomorfológico é uma carta complexa. Essa afirmação é um alerta feito por Tricart (1965) sobre as limitações da representação cartográfica frente à realização do mapeamento das feições do relevo. A representação das formas do relevo, dessa forma, sempre será diretamente afetada pela escala adotada na pesquisa.

Embora óbvia, essa constatação faz sentido quando nos deparamos com o objetivo de uma carta de detalhe, que é fornecer uma descrição racional de todos os elementos do relevo (TRICART, 1965). Neste caso específico, são identificadas e representadas as formas do relevo individualizadas. Quando há um conjunto de formas similares em origem e processos, pode-se definir as unidades do relevo. Dessa maneira, a elaboração de um mapa geomorfológico de detalhe é um processo que exige reflexão e conhecimento sobre o objeto que será representado e também sobre o contexto físico no qual ele se insere. Deve recobrir toda a área de pesquisa, salvo, eventualmente, o relevo subaquático se este existir. Portanto, toda unidade geomorfológica representada deve mostrar as superposições de formas, que são previstas.

Para Tricart (1965), o mapa geomorfológico de detalhe corresponde às cartas elaboradas em grande escala, ou seja, 1:5.000; 1:10.000; 1:20.000; 1:25.000; e, dependendo do contexto geológico-geomorfológico regional, contempla também as escalas 1:50.000 até 1:100.000.

As cartas de detalhe, segundo Tricart (1965), são o objeto principal dos esforços dos soviéticos, australianos e na França, com destaque, neste último país, para as obras de F. Joly (1962, citado por TRICART, 1965). Nessa escala, os objetos que podem figurar normalmente medem vários quilômetros, pertencendo à quinta ordem de grandeza, correspondente, segundo o autor citado, a unidades em que ocorre a relação entre a litologia e a erosão diferencial. Nessa grandeza, combina-se a influência da estrutura com os agentes externos desenvolvendo formas esculturais, resultantes da ação ou de processos sobre a litologia.

A carta de detalhe orienta-se essencialmente para os fenômenos morfoestruturais, os quais, agregado à dinâmica climática, condicionam a gênese das formas esculturais. Para Tricart (1965), o mapa geomorfológico nessa escala é conveniente para demonstrar os anticlinais e seus montes e combes, os horsts e os grabens, a posição dos platôs de cobertura sedimentar e de maciços antigos dissecados, entre outros (resultantes da influência da estrutura), associados à configuração das formas em relevos de ordem inferior, como, por exemplo, sistemas de terraço, campos de dunas, etc.

Tricart (1965), segundo Cunha, Mendes e Sanchez (2003), considera que os mapas geomorfológicos de detalhe devam conter quatro tipos de informação:

1. Morfometria – passível de ser representada por um fundo topográfico, contendo as curvas de nível e a drenagem, podendo conter outros dados, como a

declividade das vertentes, hierarquia da rede de drenagem, altura das bordas dos terraços, de cornijas ou rebordos erosivos. A representação desses dados deve associar-se à legibilidade da carta;

2. Morfografia – identificada através de símbolos que localizam e espacializam as formas de relevo, representando sua extensão. Os símbolos devem transmitir a noção dos processos que deram origem a tais formas;

3. Morfogênese – a simbologia das formas deve introduzir a origem e a gênese, possibilitando distinguir os processos morfogenéticos atuantes na área;

4. Cronologia – deve representar o momento da história morfogenética da região, no qual as formas ou o conjunto destas se desenvolveram.

Para os autores citados, deve-se considerar, além destes, os dados referentes ao arcabouço estrutural.

De acordo com Tricart (1965), a importância do mapeamento geomorfológico associa-se à gênese das formas superficiais do relevo, que por sua vez encontram-se associadas à resistência das mesmas, à atuação dos processos e às características do embasamento litológico.

Segundo Pellerin (2011) foram as exigências de aplicação que impulsionaram o *Centre de Géographie Appliquée* – CGA de Strasbourg, a conceber o mapa geomorfológico de detalhe.

Para Verstappen e Zuidam (1975), o mapeamento geomorfológico fornece uma imagem concisa e sistemática do relevo e dos fenômenos associados, enfatizando-se a identificação das formas presentes na área de estudo.

Em relação à escala, Verstappen e Zuidam (1975) dividem os mapas em:

a) Mapas de grande escala e medianos - divididos em:

1. Mapas detalhados: completamente verificados no terreno, sendo os mesmos de menor generalização;

2. Mapas semidetalhados: em grande parte verificados no terreno, com maior generalização.

b) Mapas de pequena escala - divididos em:

1. “Standard”: mapas de escala pequena, reduzida e generalizada, a partir de levantamentos semidetalhados;

2. Mapas de reconhecimento: verificados apenas em áreas chaves, com extrapolações e generalizações extensivas.

Comparando os mapas de pequena escala com os de grande escala, Verstappen e Zuidam (1975) atentam para o conteúdo dos mesmos. O conteúdo dos primeiros difere-se consideravelmente dos segundos dado que as possibilidades cartográficas para representar os processos, as formas, os tamanhos, etc., são muito limitadas nos

mapas de pequena escala. Assim muitos símbolos se eliminam automaticamente e, por conseguinte, a importância recai sobre os grupos de geoformas e as principais unidades de relevo, especialmente sobre as de origem estrutural (VERSTAPPEN e ZUIDAM, 1975, p.18, tradução livre).

Definida a escala de representação, adequada ao objetivo da investigação, inicia-se o processo de identificação e representação das formas de relevo.

PRINCÍPIOS DE ELABORAÇÃO

O primeiro princípio, segundo Tricart (1965), é considerar a carta topográfica como o suporte essencial para a elaboração do mapeamento geomorfológico. Para o autor citado, as curvas de nível presentes no documento cartográfico requerido possibilitam ao intérprete suprir a falta de dados morfométricos, quando comparados à elaboração do mapa geomorfológico com base apenas em fotografias aéreas. Outro elemento indispensável no mapeamento geomorfológico é o quadro estrutural, visto que, segundo Tricart (1965), tais dados influenciam a geomorfologia.

ORGANIZAÇÃO DA LEGENDA

No mapeamento geomorfológico são classificados grupos de formas. Cada grupo é determinado a partir da identificação da origem das formas. De acordo com esta proposta, os dados são organizados e representados na legenda do mapa geomorfológico, considerando-se como princípio norteador à morfogênese. Para Tricart (1965), este sistema cartográfico permite acompanhar a evolução das formas, partindo-se da época de elaboração das mesmas até a época atual, através da utilização de cores e símbolos, visando à representação da origem e, conseqüente, sucessão cronológica. Para exemplificar, de acordo com a proposta da CGA - Tricart (1965), apresenta-se a organização de uma legenda para uma área litorânea:

1. Ação das águas correntes (Processo que origina as formas)

1.1 - Formas de acumulação (formas derivadas)

Aptf – Acumulação de planície e terraço fluvial

Apf – Acumulação de planície fluvial

2. Ação marinha e litorânea (Processo que origina as formas)

2.1 – Formas de acumulação (formas derivadas)

2.1.1 – Praias detríticas

Am – Acumulação marinha atual

2.1.2 – Acumulações litorâneas

- Dunas litorâneas

2.1.3 – Acumulações pré-litorâneas

- Cordões litorâneos

Tradicionalmente, a proposta do CGA - Tricart (1965) influenciou inúmeros pesquisadores e instituições no Brasil. Mas deve-se ressaltar que o agrupamento das formas representadas na legenda pode variar de acordo com o sistema adotado para as respectivas representações. Como exemplo comparativo, as propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) ilustram esta situação. Considerando os tipos de vale, temos na proposta de Tricart (1975) o enquadramento das formas de vale (tipos de vale em U ou berço, em V e de fundo chato) no subgrupo modelado de entalhe, integrante do grupo Ação das Águas Correntes. Já na proposta de Verstappen e Zuidam (1975), as formas de vale (simétrico em V, simétrico em U ou berço, simétrico de fundo chato, assimétrico em forma de V, assimétrico em U ou berço e assimétrico de fundo chato) são categorias do grupo Morfometria.

Entretanto, a adoção de uma metodologia, ou a organização da legenda baseando-se em mais de duas propostas é usual e dependerá da adequação das simbologias às características fisiográficas da área de estudo. Exemplos de aplicação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) podem ser encontrados ao longo deste livro.

A importância do mapeamento geomorfológico de detalhe para os estudos ambientais

O mapa geomorfológico de detalhe é um documento básico para a descrição do meio físico de uma determinada área de estudo e, segundo Pellerin (2011), o nível de detalhamento proporcionado possibilita uma visão global do fato estudado.

Segundo Tricart (1965), o mapa geomorfológico de detalhe é a base de todo inventário do meio físico e a geomorfologia deve partir da observação mais precisa possível dos fatos atuais para a compreensão dos agentes e processos incidentes sobre o meio.

A adoção de uma proposta considerando a origem das formas de relevo, em nível de detalhe, é de suma importância para o planejamento, visto à possibilidade que o mapeamento geomorfológico de detalhe promove, dada à racionalidade inerente ao processo de identificação das formas e de organização da legenda. A presença de determinada forma de relevo em dado espaço é reflexo da ação de agentes que atuam sobre a litologia desencadeando processos que, por sua vez, dão origem às formas. Nessa relação sistêmica, qualquer interferência em qualquer um dos elementos envolvidos repercutirá na alteração de uma paisagem. Em planejamento, o entendimento dessa relação, ou seja, o entendimento do funcionamento de uma

determinada área, pode propiciar bons resultados preditivos e auxiliar na resolução de problemas ambientais.

A identificação e individualização das formas do relevo, dos agentes envolvidos e processos correlatos, e posterior agrupamento e definição de unidades geomorfológicas, é o primeiro passo para a compreensão da dinâmica espacial e torna-se a base do planejamento físico-ambiental.

Considerações finais

A eficácia de um adequado planejamento ambiental está intrinsecamente vinculada ao grau de conhecimento sobre a dinâmica ambiental. De acordo com esse raciocínio, o mapeamento geomorfológico de detalhe é um instrumento básico para a compreensão dos agentes e processos modeladores do relevo, possibilitando dessa forma inferir sobre a suscetibilidade de tais modelados a determinados tipos de uso da terra.

O uso da terra de modo aleatório tem a capacidade de modificar profundamente as características naturais do meio. Para minimizar esses efeitos, ações de planejamento fundamentadas na geomorfologia local são necessárias para que haja equilíbrio na relação entre os componentes naturais e os componentes socioeconômicos, devendo-se conciliar a investigação sobre o sistema ambiental e a elaboração de leis e diretrizes mais restritivas. Assim, a incorporação do mapeamento geomorfológico de detalhe como um dos instrumentos de planejamento possibilitaria traçar diretrizes mais condizentes com a realidade.

O conhecimento da dinâmica do relevo associado à escolha da escala de investigação adequada é o fundamento para uma correta intervenção antrópica no meio. Reforça-se, assim, a ideia de que as características locais devem ser as norteadoras das ações, dentre as quais a elaboração de leis que estejam em sintonia com a dinâmica do meio. A imposição de uma legislação generalizante nem sempre é adequada às reais necessidades ambientais.

A proposta de organização da legenda do CGA - Tricart (1965) mostra-se eficiente para o mapeamento geomorfológico de detalhe, pois ultrapassa a simples representação das formas, indicando também a morfogênese. Deve-se ressaltar que a metodologia sempre precisa conceber as características fisiográficas locais, sendo, muitas vezes, necessária a sua adaptação para a área a ser estudada, mas sempre será necessário considerar como princípio norteador a relação formas-agentes-processos.

Referências

CUNHA, C.M.L.; MENDES, I.A.; SANCHEZ, M.C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Goiânia, v. 04, n.01, p.01-09. 2003.

GRIFFITHS, J.S.; ABRAHAM, J.K. Factors affecting the use applied geomorphology maps to communicate with the different end-users. **Journal of Maps**. United Kingdom, 4:1, p. 201-210, 2008.

KOHLER, H.C. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, ano 3, nº1, p.21-31, 2002.

MARQUES, J.S. Ciência Geomorfológica. IN: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B.da. (organizadores). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 12ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013, p.23-50.

PELLERIN, J.R.G.M. Jean Tricart e a cartografia geomorfológica. IN: SILVA, T.C. da. (organizadora). **Da teoria à prática global**: abordagem transdisciplinar proposta por Jean Tricart. Florianópolis: CGN/CFH/UFSC, 2011, p.191-198.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 166p.
TORRES, F.T.P.; MARQUES NETO, R.; MENEZES, S.de O. **Introdução à Geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
VERSTAPEN, H.T; ZUIDAM, R.A. van. System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, vol. VII. 1975. 52p.

VITTE, A.C. Breve história da Geomorfologia no Brasil. IN: BONFIM, P.R.A.; SOUSA NETO, M.F. (organizadores). **Geografia e Pensamento Geográfico no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Annablume, 2010, v.1, p.63-80.

2 A cartografia geomorfológica no auxílio dos estudos dos processos erosivos: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Alam Grei – SP

Patrícia Borges Silveira; Cenira Maria Lupinacci

Introdução

Preservar e conservar os recursos naturais são ações necessárias nos nossos dias a fim de perpetuar a vida humana no planeta. Várias pesquisas e estudos têm alertado o mundo sobre a diminuição desses recursos num ritmo acelerado, mais do que o sistema natural pode suportar, ocasionando a destruição das florestas e de sua fauna, assoreamento dos cursos de água, contaminação e destruição dos solos urbanos e rurais.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), o uso incorreto dos recursos naturais ocorre em função do desenvolvimento das economias nacionais, trazendo péssimas consequências ao homem. Da mesma forma, Macagnan (1990) afirma que a preservação dos recursos naturais é dever tanto da comunidade científica quanto da sociedade, já que ambos necessitam dos mesmos meios para a sobrevivência.

Dentre os recursos naturais que o homem necessita para sobreviver, o solo se insere na lista dos mais importantes, sem o qual a produção agrícola, a fim de abastecer as populações, é inviável. De acordo com a ONU (citada pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo, 2016), o solo é um patrimônio da humanidade e seu uso indevido, sem práticas conservacionistas adequadas, está causando perdas muito além dos níveis toleráveis.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1993), devido à exploração indevida, os solos, em escala global, tendem a sofrer erosão pela força da água e dos ventos, o que ocasionará a formação de desertos inabitáveis. Para os autores, a perda de solo através dos processos erosivos possui uma relação direta com a fome, pois “as

terras erodidas são terras que reduziram, às vezes totalmente, sua capacidade de produção” (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993, p. 11).

Para Lepsch (2010), o desenvolvimento da agricultura deve ser realizado de maneira sustentável, a fim de provocar o mínimo impacto na natureza. Para o autor, os cultivos nos solos devem ser feitos de acordo com preceitos conservacionistas, ou seja, onde haja um planejamento do uso racional dos mesmos, baseado nas escolhas adequadas das espécies e dos tipos de solos, já que cada um possui um limite máximo de possibilidade de uso.

A identificação do grau de intensidade máxima de cultivo, aplicado em determinado solo, sem que ele se degrade ou sofra diminuição permanente da sua produtividade, é muito importante para ajudar nas decisões de como obter uma boa e permanente razão custo-benefício das atividades agrícolas (LEPSCH, 2010, p. 206).

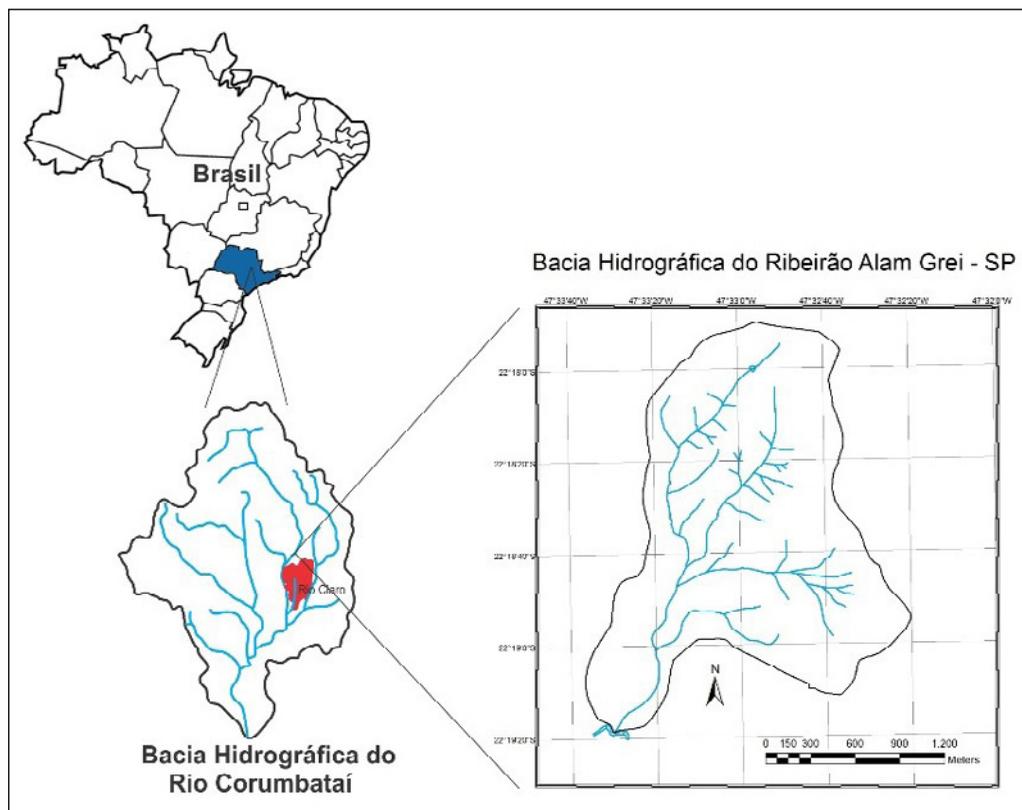
Visando a compreender a problemática da conservação dos solos, constata-se o uso frequente de modelos preditivos de perdas de solo por erosão, como a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), criada nos Estados Unidos no ano de 1954 pela administração da educação e ciência do *Agricultural Research Service*, em cooperação com a Universidade de Purdue (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Concomitante à aplicação do modelo matemático, em áreas agrícolas é grande o número de pesquisas que se utiliza de experimentos em campo a fim de validar os dados fornecidos pelo modelo.

A cartografia geomorfológica, outra ferramenta bastante utilizada no meio acadêmico, principalmente na Geomorfologia, pode vir a complementar os estudos erosivos em áreas agrícolas, já que permite o mapeamento de feições de relevo que indicam a atuação de processos denudativos, como rupturas topográficas, sulcos erosivos, ravinas, entre outras. Assim, a mesma pode fornecer indicativos das áreas que necessitam de atenção e cuidados específicos com a prática agrícola, a fim de preservar a integridade do recurso natural do solo.

Dessa forma, visando a contribuir com estudos que buscam a preservação e conservação dos solos para fins agrícolas, a presente pesquisa aplicou a EUPS, modelo preditivo da perda de solo em áreas agrícolas, na bacia do ribeirão Alam Grei (SP), a fim de identificar as áreas onde as perdas se encontram em níveis superiores à capacidade de suporte do meio. Juntamente com a equação, foi realizado o mapeamento geomorfológico da área, de acordo com a proposta de Tricart (1965), buscando verificar como os dados qualitativos fornecidos por esse mapeamento podem auxiliar na validação dos dados quantitativos fornecidos pelo modelo EUPS.

A área de estudo está localizada no setor N do município de Rio Claro (SP), sendo considerada uma área de expansão urbana (Figura 1). Nessa bacia, com 3,5 Km² de área, predomina o uso para atividades agrícolas, com exceção do bairro rural do Alam Grei, a L.

Figura 1:
Localização da
área de estudo



No que se refere à constituição geológica, a bacia estudada apresenta litologias à Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois, datada do Paleozoico–Permiano Superior, e à Formação Rio Claro, inserida no contexto dos depósitos Cenozoicos da Depressão Periférica (IPT, 1981).

Sobre tais Formações, segundo IAC (1989) e Koffler (1992), ocorrem as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Álico – A moderado, textura média, Unidade Coqueiro; Argissolo Vermelho-Amarelo, Tb abrupto, A moderado, textura arenosa/argilosa ou média/argilosa, Unidade Santa Cruz; Neossolo Litólico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, substrato sedimentos indiscriminados do Grupo Passa Dois; e Gleissolos, Glei Húmico e Glei Pouco Húmico.

Essas características do substrato físico indicam algumas fragilidades da área, o que pode ser observado, por exemplo, pela presença de Argissolos e Neossolos, os quais são potencialmente suscetíveis aos processos erosivos.

Metodologia

A presente pesquisa foi realizada em três etapas distintas a fim de se alcançar os objetivos propostos: 1) aquisição dos dados referentes aos fatores que compõem o modelo matemático EUPS, visando à quantificação de perdas de solo da área de estudo; 2) elaboração da carta de estimativa de perdas de solo da bacia e análise da distribuição espacial de tais perdas de solo na área; 3) confecção da carta geomorfológica, para comparação dos dados quantitativos fornecidos pelo modelo EUPS com os dados qualitativos das feições erosivas mapeadas na mesma.

FATORES DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

A Equação Universal de Perdas de Solo, EUPS, é expressa da seguinte forma:

$$A = LS.R.K.C.P \quad (1)$$

Onde:

A = Perda média anual de solos em ton./ha/ano;

LS = Fator topográfico, composto por dados de comprimento de rampa (L) e declividade (S);

R = Fator erosividade das chuvas, expressa em MJ/ha.mm/h;

K = Fator erodibilidade dos solos, expressa em MJ/ha.Mm/h;

C = Fator uso e manejo da terra;

P = Fator práticas conservacionistas.

Para calcular o fator topográfico optou-se por utilizar a fórmula proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985):

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (2)$$

Onde:

LS = Fator Topográfico;

C = Comprimento de rampa em metros;

D = Grau de declividade em %.

Os dados necessários para o cálculo dos fatores da EUPS, incluindo o fator topográfico, foram obtidos para parcelas definidas a partir da carta de formas de vertentes, elaborada através da interpretação da forma das curvas de nível, presentes na base cartográfica, na escala de 1:10.000. Assim, a área de estudo foi segmentada em setores retilíneos, côncavos e convexos, que serviram de base para o cálculo dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo.

O valor referente ao grau de declive em % foi obtido através da elaboração da carta de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei, sendo que, para cada parcela definida por formas de vertentes, foi necessário estabelecer os valores médios ponderados por área ocupada por cada classe de declividade, seguindo a proposta de Mendes (1993).

Já os valores de comprimento de rampa foram obtidos dentro de cada parcela de cálculo, medindo a distância entre os divisores de água e os fundos de vale. Após obter os valores de declive e comprimento de rampa em cada parcela, aplicou-se a fórmula de Bertoni e Lombardi Neto (1985) descrita.

Para a obtenção dos dados do fator erosividade da chuva, foi utilizada a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980):

$$EI = 67,355 (R2/p)0,85 (3)$$

Onde:

El = média mensal do índice de erosão (MJ.mm/h./L);

R = precipitação média mensal em milímetros;

p = precipitação média anual em milímetros.

Os dados pluviométricos utilizados foram do período de janeiro de 1973 a dezembro de 2002, obtidos junto ao posto pluviométrico instalado na Fazenda São José, posto este localizado na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, bacia vizinha à do ribeirão Alam Grei. Tal posto foi escolhido pela proximidade com a área de estudo, o que torna os seus dados mais pertinentes.

A partir desses dados calculou-se a média mensal e anual de precipitação, por meio das quais foi possível obter os dados de El mensais, cuja soma constitui-se no valor de erosividade da chuva (R) utilizado para a bacia.

No cálculo do fator erodibilidade (K), foram utilizados valores propostos por Bueno (1994), em trabalho na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), devido à compatibilidade das classes de tipos de solo pesquisados pela autora com as classes presentes na bacia do ribeirão Alam Grei. Bueno (1994) se baseou na proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1990) para adquirir os valores de "K".

Por fim, os fatores "uso e manejo da terra" (C) e "práticas conservacionistas" (P) foram avaliados conjuntamente, devido ao uso dos mesmos valores adquiridos por Stein et al. (1987) na bacia do Peixe-Parapanema, que realizaram essa adaptação. Do trabalho mencionado, constatou-se que as classes de uso e ocupação da terra pesquisados pelos autores eram compatíveis com as classes encontradas na bacia do Ribeirão Alam Grei.

CARTA DE ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO

A carta de estimativa de perdas de solo integra os valores dos fatores que contemplam a EUPS, sendo elaborada a partir da base de cálculo baseada nas formas de vertentes. Assim, na planilha de cálculos criada no programa *Microsoft Excel*®, cada parcela definida pela forma de vertente foi numerada e os valores dos fatores topográficos (LS), de erosividade (R), de erodibilidade (K) e de uso e manejo da terra e práticas conservacionistas (CP) foram multiplicados, obtendo-se as perdas de solo.

Após a obtenção dos valores de perdas de todas as parcelas, foi construído um gráfico de frequência a fim de se elaborar as classes de estimativa de perdas de solo (Tabela 1). Posteriormente, tais resultados foram vetorizados, dando origem ao referido documento cartográfico.

Tabela 1 – Classes de Estimativa de Perdas de Solo da bacia do ribeirão Alam Grei

CLASSES DE ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO
< 0,05 ton/ha/ano
0,05 1 ton/ha/ano
1 2,5 ton/ha/ano
2,5 5 ton/ha/ano
5 10 ton/ha/ano
≥ 10 ton/ha/ano

A CARTA GEOMORFOLÓGICA

Para a elaboração da carta geomorfológica foram seguidas as orientações de Tricart (1965), com adaptações. Para esse autor, as cartas geomorfológicas devem contemplar informações morfométricas, morfográficas, morfogenéticas e dados cronológicos do relevo.

Para a representação dos dados morfométricos, a fim de não poluir o produto cartográfico com muitas informações, optou-se pela construção de uma carta de declividade à parte, a fim de que a leitura do documento cartográfico seja clara e precisa.

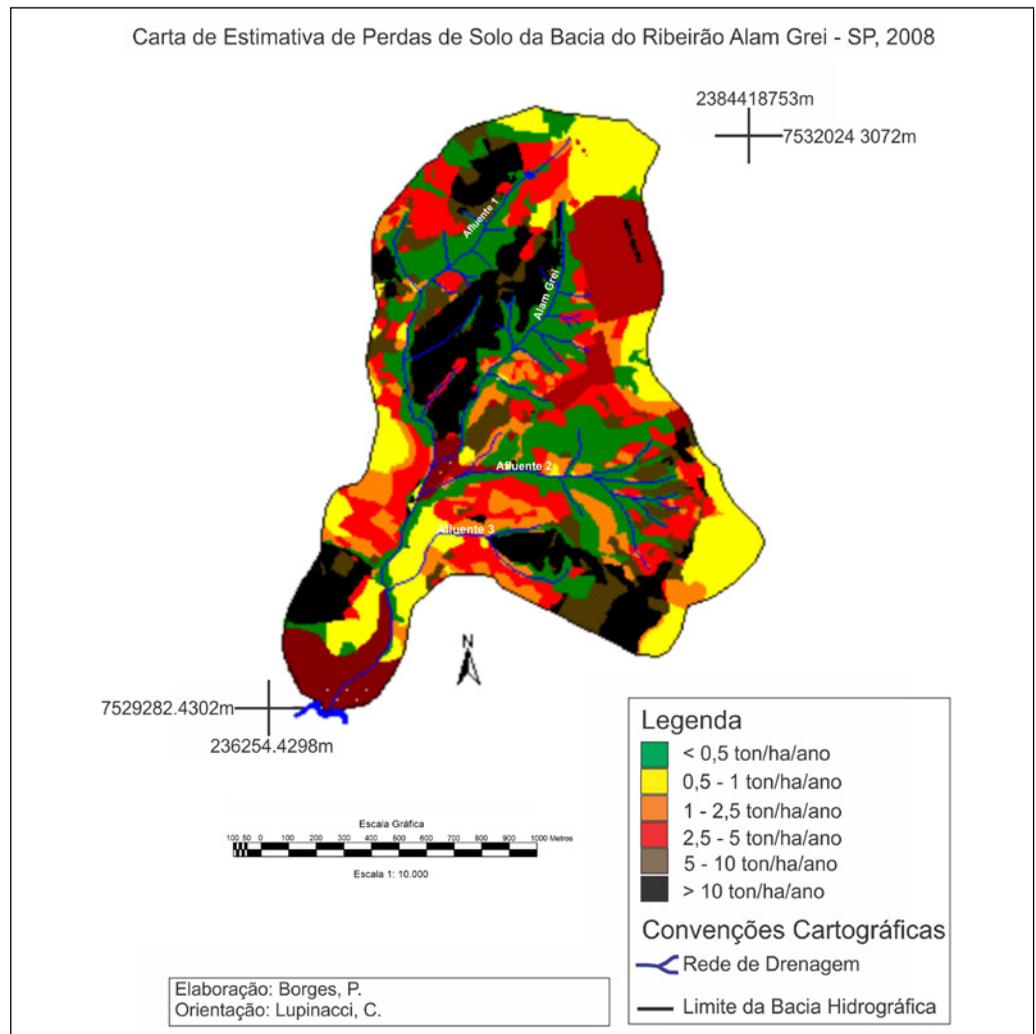
As informações de morfografia foram obtidas a partir da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, na escala aproximada de 1:25.000 do ano de 2006, do levantamento realizado pela Base Aerofotogrametria e Projetos S/A.

Já a morfogênese foi representada pelo agrupamento dos símbolos morfográficos, enquanto a cronologia foi abordada somente em termos relativos por níveis altimétricos e por dados de geologia de superfície disponíveis, devido à ausência de dados mais precisos.

Resultados e discussões

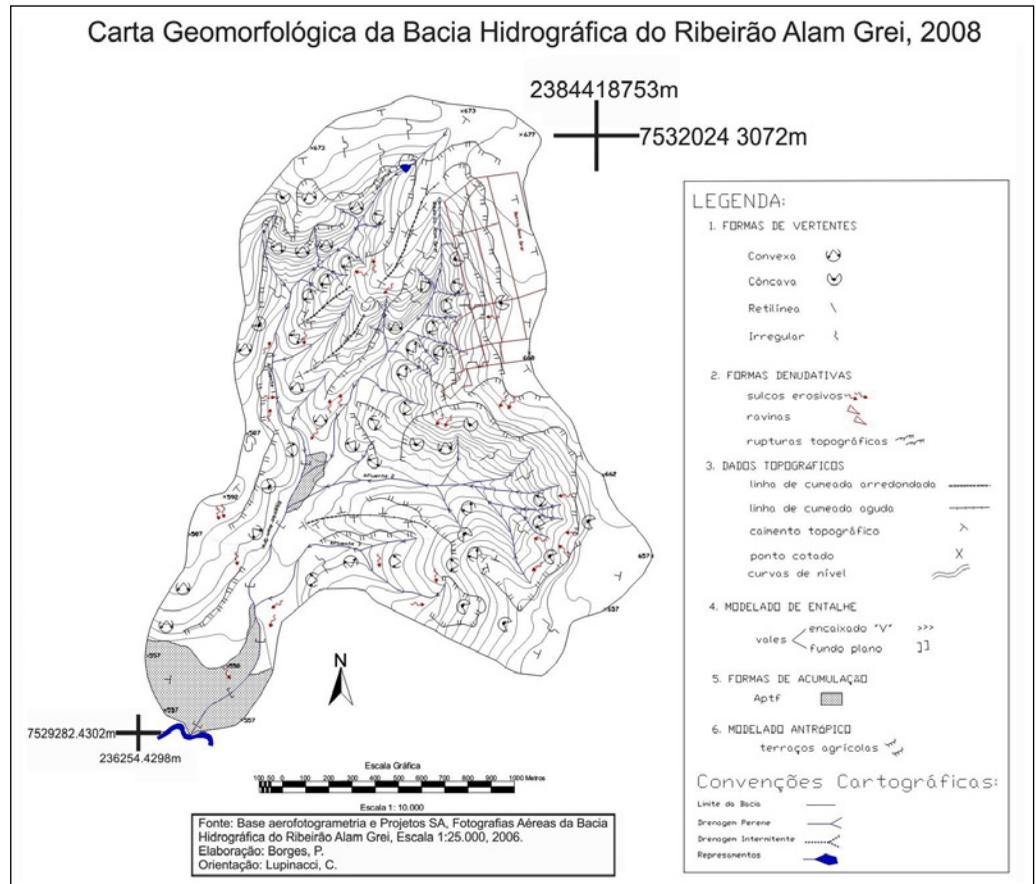
De maneira geral, a bacia do ribeirão Alam Grei tem como uso e ocupação da terra predominantes as áreas destinadas aos pastos, cana-de-açúcar e matas ciliares, o que influenciou significativamente os resultados expressos na carta de estimativa de perdas de solo (Figura 2). Assim, registrou-se uma heterogeneidade das classes de perdas de solo por erosão laminar, sendo que, a classe de menor valor, < 0,5 ton/ha/ano, ocorre predominantemente em terrenos recobertos por matas ciliares, ao redor dos cursos d'água e em pequenos setores com silvicultura ao Norte.

Figura 2: Carta de estimativa de perdas de solo por erosão da bacia hidrográfica do Ribeirão Alam Grei (SP)



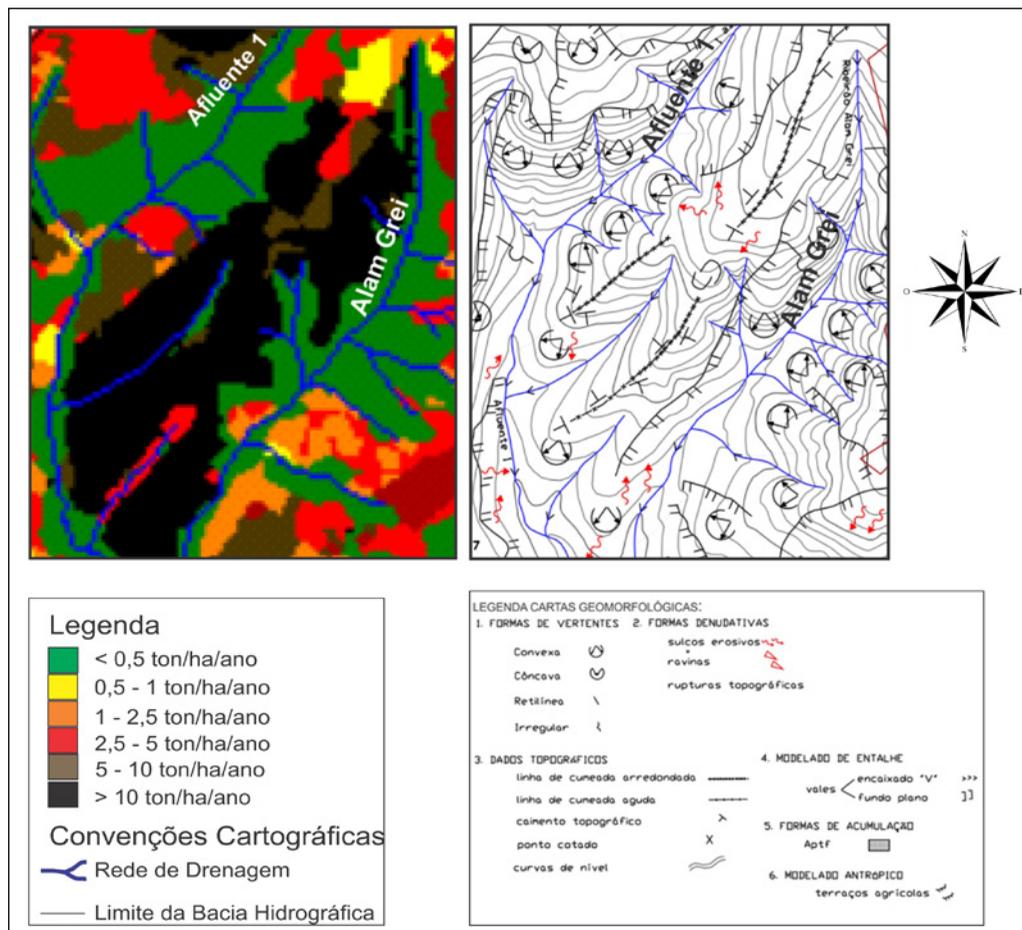
Ao analisar a carta geomorfológica (Figura 3), observando os setores mencionados, é possível notar que as feições erosivas lineares não são encontradas nessas situações de mata ciliar e silvicultura, indicando que essas coberturas de superfície são eficientes na proteção do solo.

Figura 3: Carta geomorfológica da bacia do Ribeirão Alam Grei (SP)



Em contrapartida, é possível observar, na carta de estimativa de perdas de solo, terrenos com elevadas classes de perdas, como é o caso do interflúvio entre o ribeirão Alam Grei e seu principal afluente, o afluente 1. Nessa área predomina a classe de perdas de solo ≥ 10 ton/ha/ano em área de cultivo de cana-de-açúcar. Porém, ao se analisar comparativamente esse setor na carta geomorfológica (Figura 4) constata-se que a incidência de feições erosivas lineares não é expressiva, identificando apenas sete sulcos erosivos.

Figura 4:
Recorte da Carta de
EPS e Geomorfológica
da Bacia de Ribeirão
Alam Grei (SP)



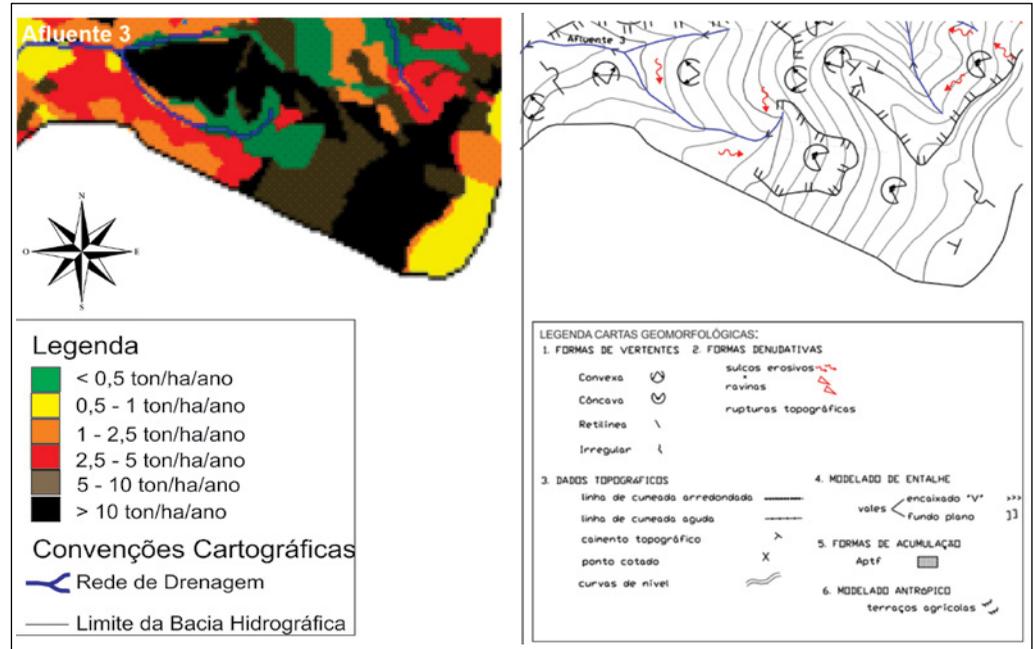
Tal ocorrência se justifica pela preparação da terra para o plantio da cana-de-açúcar, a qual revolve o solo e mascara a presença dessas feições, já que o cultivo da mesma se encontrava em estágio inicial. Todavia, além da presença de sulcos erosivos, a área encontra-se afetada por processos erosivos laminares. Assim, a marcante presença das rupturas topográficas nesse setor demonstra a ação denudativa sobre a litologia sedimentar, indicando que o cultivo da cana-de-açúcar necessita de manejo mais adequado às condições físicas da área.

Apresentando também classes elevadas de perdas de solo por erosão laminar, está o setor SE da bacia, onde se levantaram classes de 5 10 ton/ha/ano e ≥ 10 ton/ha/ano (Figura 2). Nessa área encontram-se duas classes de uso e ocupação da terra: cana-de-açúcar, na alta vertente, e pastos, na média e baixa vertente.

Na carta geomorfológica (Figura 3) registrou-se que poucas feições erosivas lineares ocorreram em área de cultivo de cana-de-açúcar, não sendo constatada

nem uma feição na alta vertente. Porém, na média e baixa vertente, ocupadas por pastagens, incidem três sulcos erosivos. A figura 5 demonstra a área mencionada.

Figura 5:
Recorte da Carta de
EPS e Geomorfológica
da Bacia de Ribeirão
Alam Grei (SP)



Por fim, apresentando também classes elevadas de perdas de solo, com predominância de ≥ 10 ton/ha/ano, encontra-se uma área no setor SW da bacia, onde o uso e ocupação da terra também se destinam à cana-de-açúcar. Nessa área foi possível o registro de um sulco erosivo.

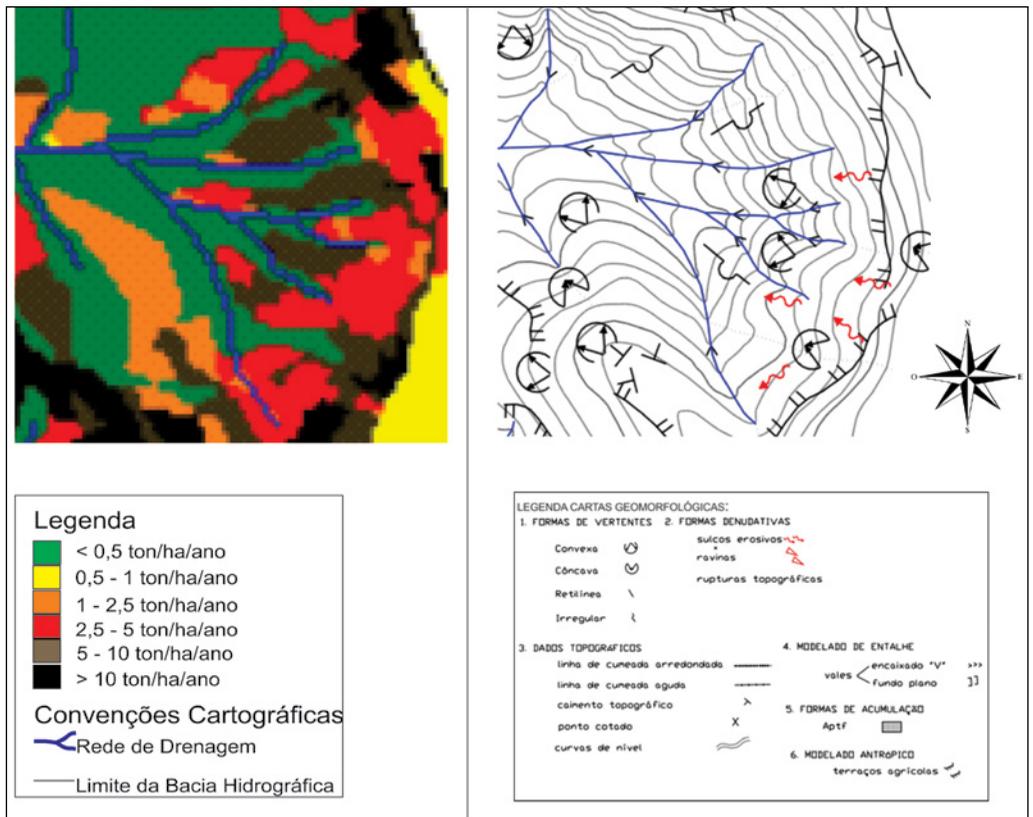
Nas outras áreas, de maneira geral, os processos erosivos lineares na bacia do ribeirão Alam Grei têm maior concentração nas pastagens, onde o pisoteio excessivo do gado vem a ocasionar a degradação física do solo, ao compactar a superfície e formar caminhos preferenciais para escoamento concentrado das águas pluviais (Figura 6). Tais áreas apresentam valores de perdas de solo por erosão laminar bastante diversificadas de acordo com a combinação de outros fatores que constituem a equação universal de perdas de solo, como a declividade do terreno e o comprimento de rampa.

Um exemplo dessas áreas se encontra à montante das nascentes do afluente 2, onde as classes de perdas de solo variam entre 1 \vdash 2,5 ton/ha/ano, 2,5 \vdash 5 ton/ha/ano e, em menor proporção, de 5 \vdash 10 ton/ha/ano. Contudo, esse setor apresenta, de maneira mais intensa, feições erosivas lineares em sulcos (Figura 7), o que pode ser explicado por uma maior intensidade e frequência da atividade pecuária na área.

Figura 6: Presença de sulcos erosivos no setor sul da bacia em áreas de pastagens



Figura 7: Recorte das Cartas de EPS e Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Alam Grei (SP)



Essa situação registra-se também em outras áreas, onde as perdas de solo por erosão laminar não são tão elevadas, porém as feições erosivas lineares se encontram presentes.

Considerações finais

De acordo com os objetivos iniciais propostos, as técnicas empregadas na presente pesquisa se mostraram satisfatórias para o estudo dos processos erosivos na bacia do ribeirão Alam Grei (SP). A carta de estimativa de perdas de solo elaborada a partir da aplicação da EUPS na área permitiu a visualização e espacialização dessas perdas, indicando assim os locais que necessitam de melhor manejo ou diferente uso e cobertura da terra que sejam compatíveis às características do meio físico.

Um fato bastante importante é observar que mesmo em áreas onde a erosão laminar é bastante intensa, não necessariamente se observa uma grande presença de feições erosivas lineares, como demonstrada pela carta geomorfológica (Figura 3). Tal característica pode trazer sérios problemas de degradação aos solos rurais, ao se subentender, por parte dos proprietários, que a ausência de tais feições indica a ausência dos processos erosivos.

Por outro lado, em áreas de pastagens, onde as classes de perdas de solo não eram as mais elevadas, de acordo com a EUPS, identificou-se presença expressiva de sulcos erosivos, o que pode ser explicado pelo pisoteio excessivo do gado, como também por características físicas mais frágeis do terreno.

De maneira geral, a carta geomorfológica trouxe indicativos de que a Bacia do Ribeirão Alam Grei necessita de manejo adequado, a fim de proteger o recurso natural solo, uma vez que as práticas agrícolas podem interferir significativamente nas características do solo quando ocorrem sem o devido planejamento e manejo. Tal fato fica comprovado pela presença de feições denudativas, representadas pelas rupturas topográficas e feições erosivas de sulcos.

Além disso, constata-se que a carta geomorfológica complementou os dados fornecidos pela carta de estimativa de perdas de solo, ao indicar a incidência de processos erosivos lineares em terrenos que apresentaram valores mais baixos de perdas de solo por erosão laminar, o que a torna um instrumento bastante importante nos estudos de proteção e conservação dos solos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da UNESP, Rio Claro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UNESP, Rio Claro.

Referências

- BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS AS, Fotografias Aéreas da Bacia do Ribeirão Alam Grei, escala 1:25.000, 2006.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água**. Campinas: CATI, 1993.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Ed. Livroceres, 2ª edição. Piracicaba, 1985.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Ed. Ícone, 3ª Edição, São Paulo, 1990.
- BUENO, C.R. Zoneamento da Suscetibilidade à Erosão dos Solos da Alta e Média Bacia do Rio Jacaré Pepira, SP, com Vistas ao Planejamento Ambiental. 1994. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP – Rio Claro, 1994.
- KOFFLER, N.F. **Solos da Bacia do Rio Corumbataí**. Universidade Estadual Paulista – IGCE – Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica, campus Rio Claro, SP, escala 1:50.000, 1992.
- IAC, INSTUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Carta Pedológica Semi-Detalha do Estado de São Paulo**: Folha de São Carlos (SF.23-Y-A-IV), escala 1:100.000, 1989.
- IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.
- LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2010.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER. Erosividade da Chuva – sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3º, 1980, Recife. **Anais**. Recife:UFRPE, 1981, p.158.
- MACAGNAN, V.L. **Varição da Cobertura Vegetal e seus Reflexos na Erosão Superficial**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1990.

MENDES, I. A. **A Dinâmica Erosiva do Escoamento Pluvial na Bacia do Córrego Lafon – Araçatuba-SP.** 1993. 156f. Tese (Doutorado em Geografia)- FFLCH, USP,- São Paulo, 1993.

STEIN, D.P.,et al. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópico, na Bacia do Peixe – Paranapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, 1987, Marília, **Anais.** São Paulo: S.C.P., 1987.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie.** Paris: Masson et Cie, 1965.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning.** U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook nº537, 1978.

3 A cartografia geomorfológica retrospectiva como instrumento de análise das mudanças morfológicas da Bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)

Leandro de Godoi Pinton; Cenira Maria Lupinacci

Introdução

A agropecuária se constitui como a atividade antrópica mais antiga responsável pelas modificações na dinâmica geomorfológica. Diversos estudos (ARNÁEZ et al., 2015; CSORBA, 2010; HAFF, 2003; KARANCSI, 2010; LÓKI, 2010; NIR, 1983; PINTON; CUNHA, 2015; PINTON, 2016; SZABÓ, 2010; TAROLLI; SOFIA, 2016; TÓTH, 2010) têm demonstrado que as intensas mudanças do uso da terra em área rural interferem na evolução do relevo numa escala histórica de tempo, contribuindo para o desenvolvimento de distintos processos degenerativos na paisagem.

Para a compreensão dos pormenores dessa conjuntura, admite-se a aplicabilidade do mapeamento geomorfológico de detalhe, tendo em vista que esse respalda a investigação dos efeitos da intervenção antrópica na morfodinâmica de sistemas ambientais.

Nessa perspectiva, a cartografia do relevo se configura como instrumental às diversas categorias de planejamento (BOCCO; MENDOZA; VELÁZQUEZ, 2001; CHRISTOFOLETTI, 1995; CUNHA, 2001; CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003; DRAMIS; GUIDA; CESTARI, 2011; GRIFFITHS; SMITH; PARON, 2011; PINTON, 2016; ROSS, 1995; RODRIGUES, 1997, 2005, 2010), fornecendo subsídios para a identificação de áreas favoráveis à ocupação e/ou impactos nas feições geomorfológicas que denotam a atuação de processos morfodinâmicos susceptíveis às mudanças do uso da terra.

No âmbito da Antropogeomorfologia, Goudie (1993) evidencia a importância da cartografia geomorfológica retrospectiva para avaliar o grau de alteração dos sistemas geomorfológicos em resposta às atividades antrópicas. No Brasil, essa premissa fundamenta a proposta metodológica de Rodrigues (1997, 2005, 2010) para o estudo dos efeitos das ações antrópicas no meio físico. Ressalta-se que tais estudos foram realizados notadamente em sistemas hidrogeomorfológicos urbanizados.

Desta forma, verificam-se lacunas quanto à aplicação dessa sistematização cartográfica em paisagens rurais do território brasileiro, as quais ainda são predominantes no Brasil frente a sua condição como típico país exportador de produtos básicos e semimanufaturados de baixo valor agregado.

A bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP), apresenta elevado potencial para a realização da referida concepção da cartografia geomorfológica. Além da diversidade natural derivada de sua disposição na transição entre as Cuestas Areníticas-Basálticas e a Depressão Periférica Paulista, esse sistema ambiental é caracterizado por uma evolução temporal do uso da terra associada às atividades agropecuárias.

Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar as mudanças morfológicas induzidas pela atividade antrópica no meio rural mediante a correlação entre os dados da cartografia geomorfológica retrospectiva e as informações do uso e cobertura da terra. Com base nessa identificação, busca-se discutir a influência antropogênica nos processos morfodinâmicos da bacia do Córrego do Cavalheiro.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro está localizada no setor centro-leste do estado de São Paulo, no município de Analândia, entre as coordenadas geográficas de 22°05'36" e 22°07'58" de latitude Sul e 47°39'14" e 47°41'28" de longitude Oeste, possuindo uma área de 9,9 km² (Figura 1).

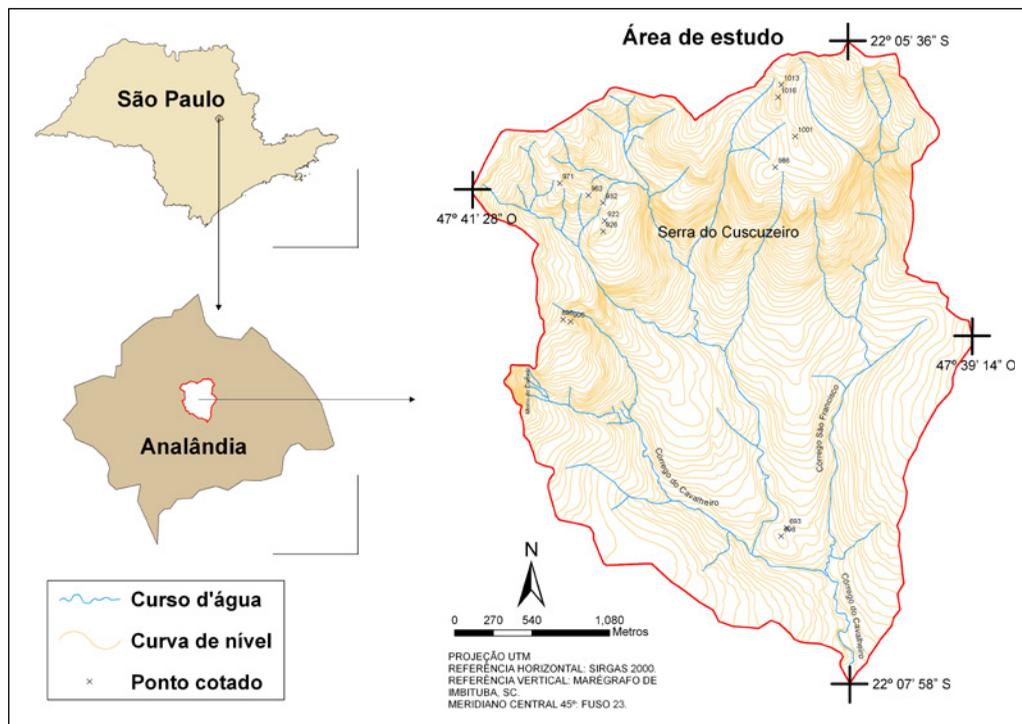
A área de estudo situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná, unidade geotectônica de abrangência mercosulina preenchida por sedimentos continentais e marinhos, e extensa intrusão de rochas basálticas (ALMEIDA et al., 1981).

De acordo com a proposição de Ross e Moroz (1997), a área de estudo está disposta especificamente no limite entre o Planalto Residual de São Carlos e a Depressão do Médio Tietê, sendo esse contato marcado pela eminente presença de escarpas cuestiformes. Ambas as unidades são caracterizadas essencialmente por colinas de topos convexos e tabulares.

A morfogênese dessas unidades está associada à circundenudação segundo a abordagem clássica de Ab'Sáber (1949), podendo ainda ser influenciada pela morfotectônica (PENTEADO, 1968; FACINCANI, 2000; PINTON, 2016).

Figura 1:
Localização da Bacia
do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)

Fonte: Pinton (2016)



Independentemente da abordagem adotada, os complexos mecanismos morfo-genéticos responsáveis por tais unidades desenvolvem-se sobre litologias com distintas idades, que se estendem do Mesozoico ao Cenozoico. Datadas do Mesozoico, encontram-se as seguintes formações pertencentes ao Grupo São Bento: Piramboia, Botucatu e Serra Geral (SÃO PAULO, 1984).

Em relação às litologias datadas do Cenozoico, verificam-se as formações Itaqueri (COTTAS; BARCELOS, 1981; RICCOMINI, 1997; BATEZELLI, 1998, 2003; LADEIRA; SANTOS, 2005) e Santa Rita do Passa Quatro (SÃO PAULO, 1984). Acima dessas litologias, distinguem-se os seguintes tipos de solos conforme Koffler et al. (1992): NEOSSOLO LITÓLICO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; NITOSSOLO em associação com o NEOSSOLO LITÓLICO; LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO; e o ARGISSOLO.

Troppmair (1975) assinala que os referidos solos sustentam as vegetações primitivas de campo sujo e cerrado. Na bacia do Córrego do Cavalheiro, Pinton (2011, 2016) verificou a substituição de tais espécies pela cultura da cana-de-açúcar. Além de interferir nos processos morfodinâmicos responsáveis pela evolução do relevo (COOKE; DOORNKAMP, 1990), as intensas modificações no uso da terra podem provocar mudanças climáticas locais (LAMBIM et al., 2001), estabelecendo a necessidade de distinguir os aspectos climáticos da área de estudo.

Na classificação de Monteiro (1973), a bacia do Córrego do Cavalheiro é caracterizada por climas regionais tropicais alternadamente secos e úmidos, os quais são controlados por massas equatoriais e tropicais.

Método e técnicas

MÉTODO: A orientação metodológica do presente estudo teve respaldo nos princípios que concernem à Teoria Geral dos Sistemas aplicados à ciência geográfica (CHRISTOFOLETTI, 1979). Ressalta-se que esses princípios ainda fundamentam a Antropo-geomorfologia, cuja abordagem compreende as interferências antrópicas enquanto ações geomorfológicas que podem romper com o *steady state* de um sistema (NIR, 1983; RODRIGUES, 2005).

A escolha da bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro como área de estudo justifica o uso da abordagem sistêmica quanto ao critério funcional, pois essa se constitui em um sistema aberto que recebe (*input*) e perde (*output*) energia e matéria.

Em relação ao critério da complexidade estrutural, foi utilizada a concepção dos sistemas controlados, os quais “apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processos-respostas” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 19), visto que “[...] o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em sequência e, conseqüentemente, influenciar nas formas que com ele estão relacionadas” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 19).

Essa concepção foi avaliada com base na análise correlativa entre os dados obtidos com as cartas geomorfológicas e de uso da terra dos cenários de 1962, 1978, 1988, 2009 e 2013 da bacia do Córrego do Cavalheiro. A referida análise permitiu o reconhecimento da dinâmica evolutiva de feições geomórficas sob a influência das mudanças do uso da terra em paisagem rural.

TÉCNICAS: CARTAS GEOMORFOLÓGICAS

As cartas geomorfológicas da bacia do Córrego do Cavalheiro foram elaboradas com base na proposta de Tricart (1965). A base de dados utilizada para a elaboração desses documentos cartográficos compreendeu: pares estereoscópicos de fotografias aéreas; esboço dos dados litológicos; e trabalhos de campo para a atualização dos dados mapeados nos cenários de 2009 e 2013.

As feições identificadas no mapeamento foram organizadas conforme os seguintes grupos de morfogênese definidos por Tricart (1965):

- **Feições estruturais:** bloco soerguido; cuestas; e patamar estrutural;

- **Formas de vertentes e interflúvios:** vertente retilínea; vertente irregular; vertente convexa; vertente côncava; caimento topográfico; ruptura topográfica; sulcos; ravinas; voçorocas; colo topográfico; morro testemunho; linhas de cumeada; e limite da bacia;
- **Ação das águas correntes:** cursos d'água perenes e sazonais; lagos; cascatas; leques aluviais; e tipos de fundos de vale (em V ou fundo plano);
- **Feições antrópicas:** barragens; área urbana; estradas não pavimentadas; pontes; e terraços agrícolas.

A extração desse conjunto de feições foi realizada por meio da fotointerpretação de pares estereoscópicos das fotografias aéreas de cada cenário. Na elaboração das cartas geomorfológicas, de 1962, 1978, 1988 e 2009, foram utilizados os procedimentos tradicionais de fotointerpretação mediante o uso de estereoscópio de bolso. Para o mapeamento do cenário de 2013, incorporou-se a fotointerpretação de imagens tridimensionais geradas pela técnica Anáglifo em meio digital do *software Stereo Photo Maker*.

A geração dessas imagens considerou as potencialidades apresentadas por Souza e Oliveira (2012) para o mapeamento geomorfológico. Essa técnica proporcionou um ganho significativo de tempo no processo de fotointerpretação em virtude da maior operacionalidade no manuseio do material, em que o uso de uma imagem estática em meio digital impede a perda da visão tridimensional, comumente verificada no uso convencional dos pares estereoscópicos em razão dos movimentos realizados pelo pesquisador.

O uso dos anáglifos também permitiu maior qualidade no mapeamento geomorfológico ao favorecer maior precisão na identificação das feições de detalhe, tanto no que se refere aos seus limites quanto à distribuição espacial na área de estudo, pois os diversos *softwares* utilizados na vetorização das referidas feições disponibilizam a ferramenta *zoom* para maior aproximação sobre tais imagens. Além disso, tais recursos possibilitaram a realização de correções automáticas dos dados digitalizados. Dessa forma, considera-se que a adoção de anáglifos se apresentou como promissora para a identificação das distintas feições geomorfológicas de detalhe que caracterizam o setor de transição da Depressão Periférica Paulista com as Cuestas Areníticas-Basálticas.

Ressalta-se, ainda, a adoção do grupo feições litológicas, as quais foram apresentadas de acordo com a sugestão de Tricart (1965). Dessa forma, a litologia de menor compactação (rochas sedimentares) foi representada mediante hachuras com traços em cinza, e a de maior compactação (rochas magmáticas extrusivas) foi expressa por meio do preenchimento homogêneo de suas áreas com a cor cinza.

É importante salientar que a representação da litologia sedimentar na proposta de Tricart (1965) é organizada conforme a delimitação de valores no espaçamento dos traços para a identificação dos diversos graus de compactação derivados de suas propriedades físico-químicas. Assim, onde a hachura possui maior espaçamento, é sinal de menor compactação dessa litologia. As áreas com menor espaçamento, por sua vez, caracterizam rochas sedimentares com maior compactação.

A simbologia utilizada na elaboração das cartas geomorfológicas da bacia do Córrego do Cavalheiro seguiu predominantemente a proposta de Tricart (1965). No entanto, ao considerar a complexidade estrutural da área de estudo, inerente aos processos morfogenéticos do relevo cuestiforme, acrescida da elevada umidade, típica da dinâmica climática local, houve a incorporação de alguns símbolos da proposta de Verstappen e Zuidam (1975). A figura 2 contempla a simbologia adotada para o mapeamento geomorfológico da bacia do Córrego do Cavalheiro.

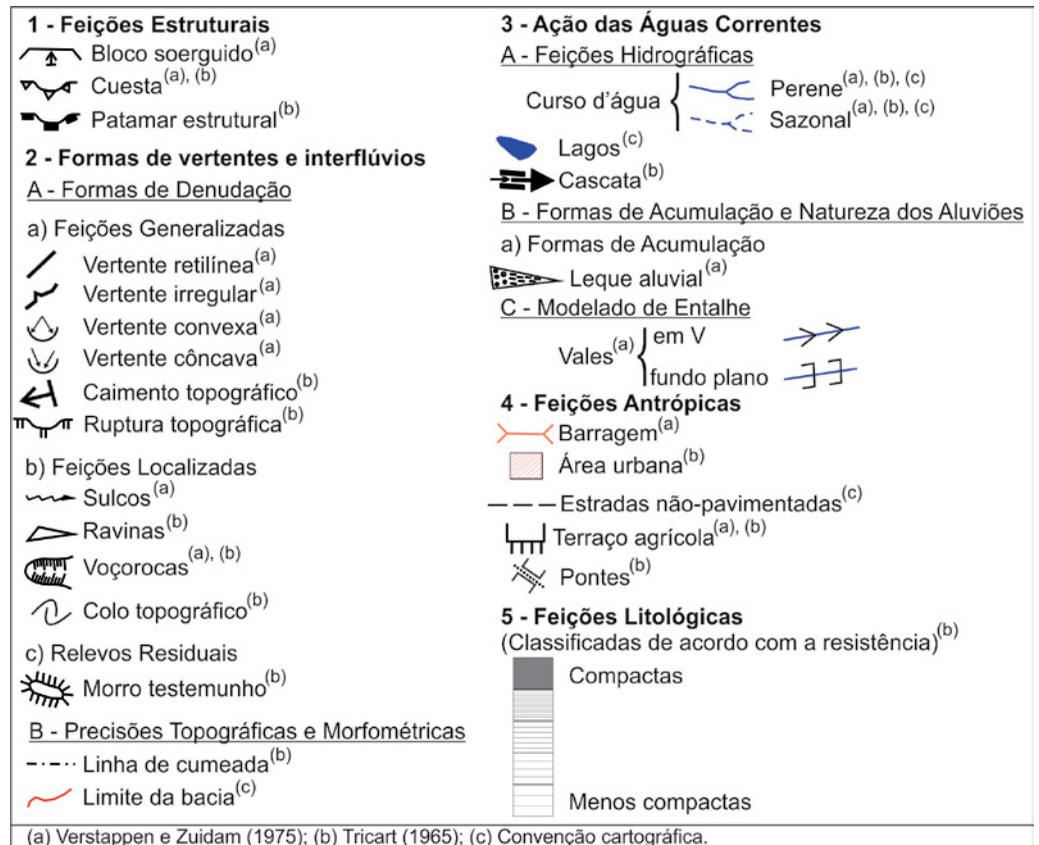


Figura 2:
Legenda das cartas geomorfológicas da Bacia do Córrego do Cavalheiro.

Fonte: Adaptado de Pinton (2016)

Ao considerar que esses documentos cartográficos foram elaborados na escala 1:10.000, evidencia-se que a sua redução para publicação em dimensões de menor nível

de detalhe compromete a leitura de sua complexa trama de informações. Dessa forma, serão apresentados apenas recortes desse material cartográfico. A fim de promover a sua ampliação e, conseqüentemente, melhorar a visualização das feições mapeadas, a legenda das cartas geomorfológicas não será incluída nesses recortes, sendo necessário que o leitor retome a figura 2 para a leitura e interpretação da simbologia.

Por fim, ressalta-se que as cartas geomorfológicas se encontram disponíveis na íntegra no trabalho de Pinton (2016).

CARTAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

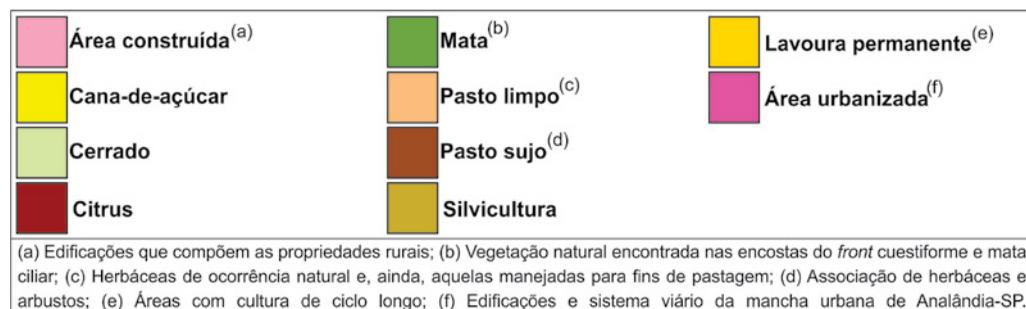
A elaboração das cartas de uso e cobertura da terra foi realizada em meio digital com base nas etapas apresentadas por Cunha e Pinton (2009). A base de dados desse material cartográfico considerou o mesmo conjunto de pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizado na estruturação das cartas geomorfológicas e, ainda, os trabalhos de campo para a reambulação dos cenários de 2009 e 2013. Ressalta-se que as imagens tridimensionais geradas pela técnica anáglifo também foram empregadas no processo de elaboração da carta de uso e cobertura da terra de 2013, apresentando elevado potencial à identificação dos princípios da proposta de Ceron e Diniz (1966).

Em relação às classes de uso e cobertura da terra da área de estudo, evidencia-se que essas foram definidas por meio de adaptações das propostas metodológicas de Anderson et al. (1979) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, (2013). Ambas permitem a inclusão de categorias de maior detalhe para atender às particularidades de cada pesquisa.

Neste contexto, a classificação do uso e cobertura da terra da bacia do Córrego do Cavalheiro considerou suas características naturais, tipos de culturas e estruturas das edificações. A figura 3 contempla as classes mapeadas na área de estudo.

Figura 3:
Legenda das cartas de uso e cobertura da terra e bacia do Córrego do Cavalheiro.

Fonte: Elaborado pelos autores



Assim como no mapeamento geomorfológico, os resultados obtidos serão apresentados na forma de recortes dos produtos cartográficos em virtude da utilização de uma escala de detalhe (1:10.000) na sua elaboração. Para a identificação das tipologias de uso e cobertura da terra de cada recorte conforme o padrão de cores será necessário recorrer à figura 3.

Resultados e discussões

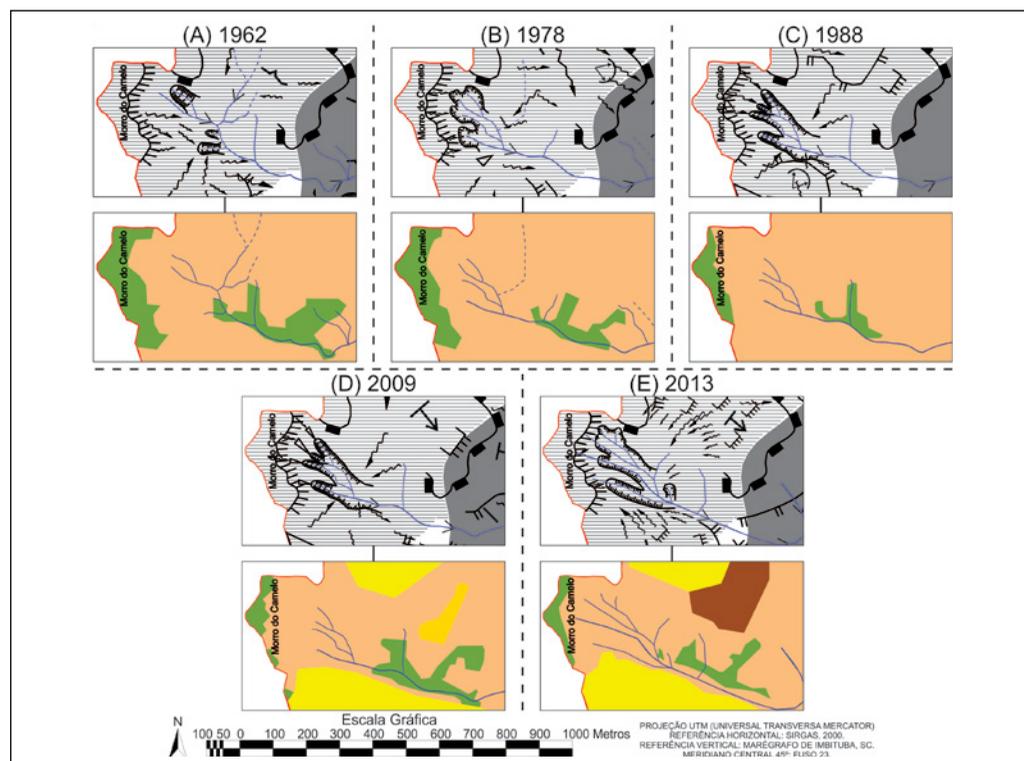
O cruzamento dos dados da cartografia geomorfológica retrospectiva com as informações das cartas de uso e cobertura da terra demonstra a ação antropogênica conduzindo mudanças em feições erosivas lineares, rupturas topográficas e formas de vertentes.

No âmbito das feições erosivas lineares, foram identificadas mudanças na dimensão e distribuição espacial de sulcos e voçorocas.

O extremo oeste da área de estudo se enquadra nessa situação em virtude do constante aumento na dimensão de voçoroca localizada no setor de tálus do morro testemunho do Camelo ao longo da série histórica de 51 anos (Figura 4). No cenário de 1962 (Figura 4A), sob as classes de uso da terra mata e pasto limpo, esse setor apresentava três voçorocas. A conjunção dessas feições, resultando em única voçoroca de grande extensão em 1978 (Figura 4B), pode ter sido influenciada pela redução das áreas ocupadas por mata.

Figura 4: Mudanças na morfologia de feições erosivas lineares e a variação das classes de uso e cobertura da terra no setor de tálus do morro testemunho do Camelo durante o período 1962-2013.

Fonte: Adaptado de Pinton (2016)



A diminuição dessa classe de uso da terra nos cenários subsequentes, associada à introdução da cana-de-açúcar, resultou na ampliação da voçoroca (Figuras 4C, 4D e 4E). Ao lado disso, ressalta-se o surgimento de sulcos no setor durante o período de expansão da cana-de-açúcar (2009-2013).

Apesar do maquinário utilizado no plantio dessa cultura obliterar os sulcos, a concentração do escoamento superficial nos canais coletores dos terraços agrícolas induz ao estabelecimento dessas feições. Diante dessa conjuntura, admite-se que as mudanças no uso da terra influenciam de modo direto na dinâmica dos processos erosivos lineares da bacia do Córrego do Cavalheiro.

Os arranjos espaciais definidos pelas atividades antrópicas no rural também promoveram mudanças significativas na configuração das rupturas topográficas. Na porção centro-sul da área de estudo (Figura 5), o aumento na quantia de rupturas no período 1962-1978 foi acompanhado pela substituição do pasto sujo pelo pasto limpo (Figura 5A e 5B). Apesar do redirecionamento de algumas rupturas, verificou-se a manutenção de sua quantidade em 1988 sob a combinação das referidas pastagens (Figura 5C).

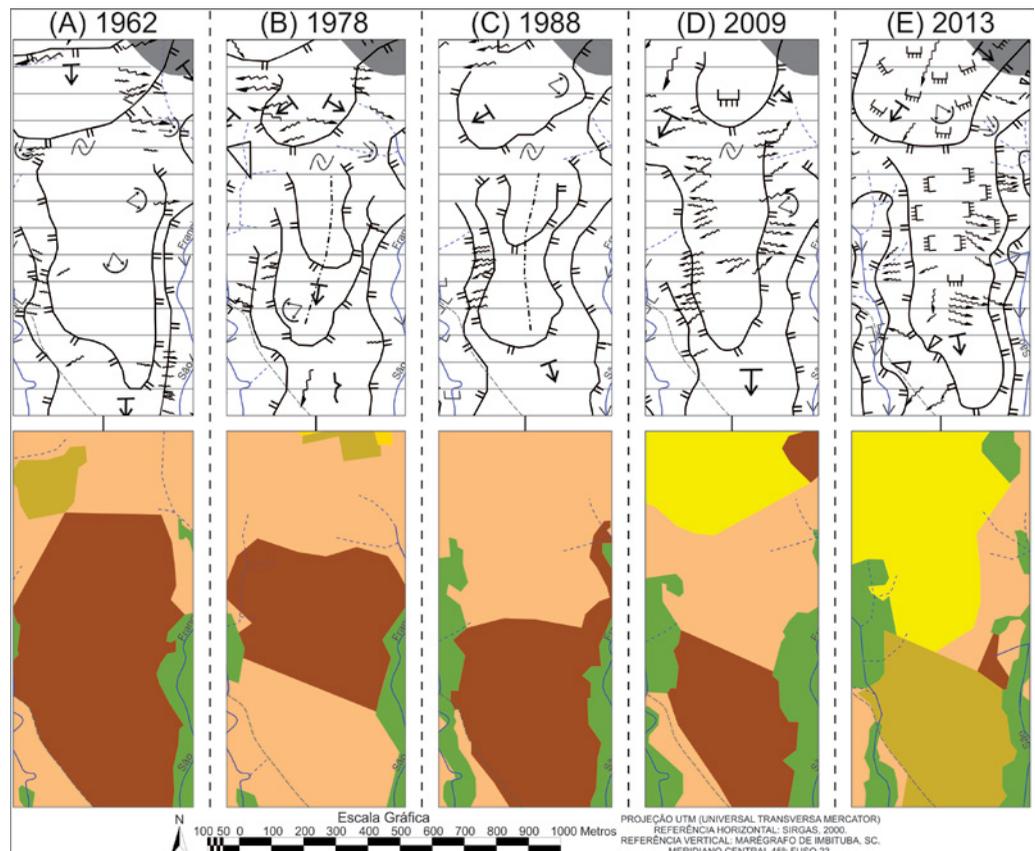


Figura 5: Mudanças na morfologia de rupturas topográficas e a variação espacial das classes de uso e cobertura da terra no setor centro-sul da bacia do Córrego do Cavalheiro durante o período 1962 - 2013.

Fonte: Adaptado de Pinton (2016)

Neste viés, acredita-se que tais pastagens auxiliaram na exposição dos materiais resultantes das intempéries locais aos processos erosivos laminares, interferindo na morfodinâmica dessa feição. No cenário de 2009, a prática mecânica de terraceamento, associada à introdução da cana-de-açúcar no setor, promoveu a descaracterização das rupturas topográficas (Figura 5D). A expressiva constituição de terraços agrícolas, vinculados à ampliação da área cultivada por cana em 2013, estabeleceu um novo quadro de mudanças na morfologia dessa feição (Figura 5E).

Além disso, a implantação dos referidos terraços promoveu alterações na disposição das vertentes. A figura 6 ilustra tal situação no extremo leste da área de estudo, onde uma vertente côncava e outra convexa foram delineadas durante a implantação da cana-de-açúcar entre 2009 e 2013.

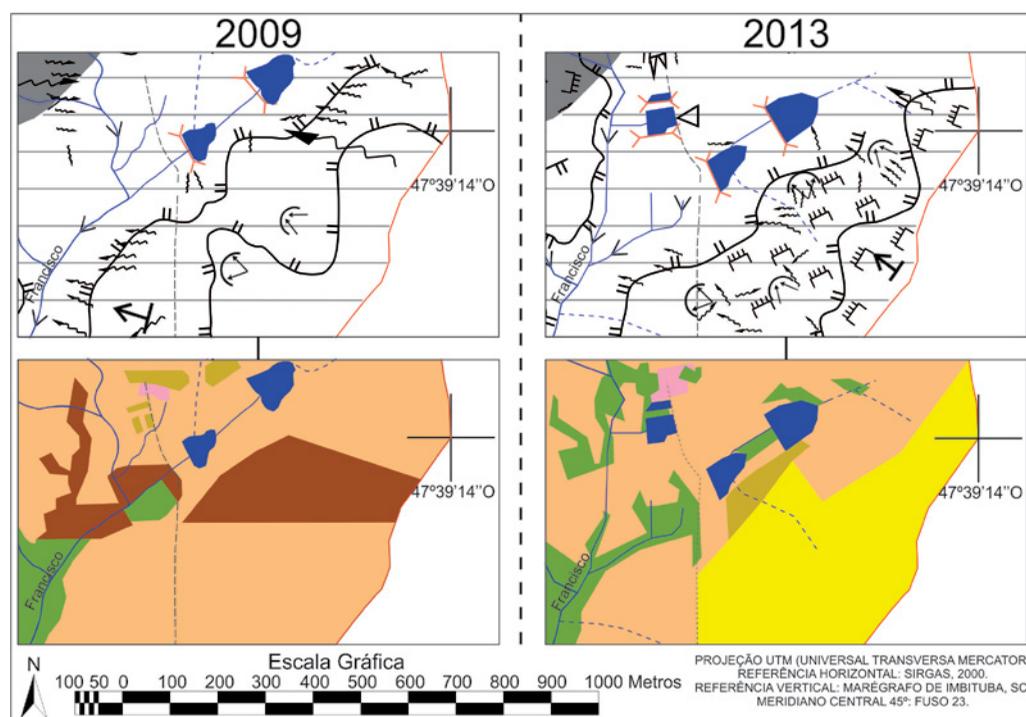


Figura 6: Mudanças na morfologia de vertentes mediante a introdução de terraços agrícolas para cultivo da cana-de-açúcar no período 2009 - 2013.

Fonte: Adaptado de Pinton (2016)

Considerações finais

A análise correlativa entre os dados da cartografia geomorfológica retrospectiva e as informações do uso e cobertura da terra da bacia do Córrego do Cavalheiro permitiu a constatação de mudanças morfológicas condicionadas pela ação antrópica no meio rural.

Na série histórica de 51 anos, as alterações na configuração de feições erosivas lineares, rupturas topográficas e formas de vertente forneceram indícios sobre a interferência direta das atividades agropecuárias na morfodinâmica do relevo.

Nessa perspectiva, destaca-se a influência do manejo associado ao pasto limpo e à cana-de-açúcar na descaracterização de rupturas topográficas. Em relação ainda à cana-de-açúcar, a sua introdução em alguns setores da área de estudo determinou a ampliação de voçoroca e o surgimento de sulcos, bem como a redefinição das formas das vertentes. Esse quadro foi determinado em função de mudanças na concentração do escoamento superficial causadas pelos canais coletores que compõem os terraços agrícolas.

Os resultados deste estudo asseguram o potencial da cartografia geomorfológica retrospectiva no fornecimento de subsídios para a realização de avaliações sobre os processos morfodinâmicos de sistemas ambientais análogos à bacia do Córrego do Cavalheiro.

Ao considerar a diversidade natural e os distintos arranjos espaciais das atividades agropecuárias que caracterizam as paisagens brasileiras, admite-se a necessidade de disseminação dessa proposta para a consolidação de sua aplicabilidade no rural.

Por fim, evidencia-se que a utilização da cartografia geomorfológica retrospectiva em associação com os dados de uso e cobertura da terra contribui para o desenvolvimento da Antropogeomorfologia, auxiliando ainda na orientação das atividades antrópicas da bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro.

Agradecimentos À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa (Processo nº 2012/20513-0).

Referências

- AB'SÁBER, A. N. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 1, p. 3-21, mar. 1949.
- ALMEIDA, F. F. M. de. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, p. 1-29, 1981.
- ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- ARNÁEZ, J. et al. Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. **Catena**, v. 128, p. 122-134, maio 2015.
- BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no triângulo mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. 183 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- _____. **Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.
- BOCCO, G.; MENDOZA, M.; VELÁZQUEZ, A. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. **Geomorphology**, v. 39, n. 3-4, p. 211-219, ago. 2001.
- CERON, A. O.; DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, ano 28, n. 2, p. 161-173, abr./jun. 1966.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 415-442.
- COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. New York: Oxford, 1990.

COTTAS, L. R.; BARCELOS, J. H. Novas considerações sobre a região de Itaqueri da Serra. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, 1981. p. 70-76.

CSORBA, P. Agriculture: cultivation on slopes. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Springer, 2010. p. 83-94.

CUNHA, C. M. L. da. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

CUNHA, C. M. L. da; PINTON, L. de G. A cartografia das restrições legais ao uso da terra a partir de parâmetros da legislação ambiental. **CLIMEP**, Rio Claro, v. 4, n. 1, p. 29-52, jul./dez. 2009.

CUNHA, C. M. L. da; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 1, p. 01-09, mar. 2003.

DRAMIS, F.; GUIDA, D.; CESTARI, A. Nature and aims of geomorphological mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Orgs.). **Geomorphological mapping: methods and applications**. Netherlands: Elsevier Science, 2011. p. 39-73. (Developments in Earth surface processes, v. 15).

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**, v. 7, n. 1-3, p. 37-59, jul. 1993.

GRIFFITHS, J. S.; SMITH, M. J.; PARON, P. Introduction to applied geomorphological mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Orgs.). **Geomorphological mapping: methods and applications**. Netherlands: Elsevier Science, 2011. p. 03-11. (Developments in Earth surface processes, v. 15).

HAFF, P. K. Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape. In: WILCOCK, P. R.; IVERSON, R. M. (Eds.). **Prediction in geomorphology**. Washington, D. C.: American Geophysical Union, 2003. p. 15-26.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

KARANCSI, Z. Agriculture: deforestation. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Springer, 2010. p. 95-112.

KOFFLER, N. F. et al. **Solos da bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1992. Escala: 1:50.000.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. dos. O uso de paleossolos e perfís de alteração para a identificação e análise de superfícies geomórficas regionais: o caso da Serra de Itaqueri (SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 2, p. 3-20, 2005.

LAMBIM, E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions**, Norwich, v. 11, n. 4, p. 261-269, dez. 2001.

LÓKI, J. Agriculture: crop cultivation and horticulture. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Springer, 2010. p. 55-68.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo** – estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem: Keter Publishing House, 1983.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. 1968. 86 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1968.

PINTON, L. de G. **A antropogeomorfologia na bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia/SP**: uma avaliação da dinâmica do uso da terra e sua adequabilidade à legislação ambiental e à capacidade de uso. 2011. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PINTON, L. de G. **Evolução dos processos morfogenéticos em relevo cuestasiforme: a bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**. 2016. 129 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. da. O uso de geoindicadores em paisagem rural: subsídios à análise das mudanças morfológicas antropogênicas da Bacia do Córrego do Cavalheiro - Analândia (SP). **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 29, p. 1-19, 2015.

RICCOMINI, C. Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 18, n. 1-2, p. 41-48, jan./dez. 1997.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 20, p. 111-125, 2010.

_____. **Geomorfologia Aplicada**: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. 1997. 299 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

_____. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 101-111, 2005.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH-USP; IPT; FAPESP, 1997. 2 v.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, p. 65-76, 1995.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. **Folha Geológica de Corumbataí (Folha SF-23-Y-A-I-2)**: Formações Geológicas de Superfície. Coordenação de Ruy Osório de Freitas. São Paulo: Instituto Geológico, 1984. Escala 1:50.000.

SOUZA, T. de A. de; OLIVEIRA, R. C. de. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. Especial, v. 2, n. 4, p. 1348-1355, 2012.

SZABÓ, J. Anthropogenic geomorphology: subject and system. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Springer, 2010. p. 03-12.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, v. 255, p. 140-161, fev. 2016.

TÓTH, C. Agriculture: grazing lands and other grasslands. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Springer, 2010. p. 69-82.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

TROPPEMAYER, H. Regiões ecológicas do Estado de São Paulo. **Biogeografia**, São Paulo, n. 10, 1975.

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey: manual ITC textbook**. Enschede, Holanda: ITC, 1975.

4 Contribuições para a cartografia geomorfológica em área rural degradada

*Felipe Augusto Scudeller Zanatta; Cenira Maria Lupinacci;
Marcos Norberto Boin*

Introdução

A erosão é a principal causa da perda de solos, de sua fertilidade e da quantidade de terras agricultáveis. Esse fenômeno, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), promove ônus para toda sociedade, mas, pontualmente, prejudica os lavradores e afeta a economia. Essa problemática de proporções mundiais desponta como foco de diversos estudos em distintas localidades do mundo, como evidencia o relatório da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2015), o qual afirma que 1/3 das terras destinadas à agricultura encontram-se degradadas.

Os fenômenos erosivos surgem quando do desequilíbrio entre as forças que promovem a erosão, sobretudo climáticas, e o ambiente que absorve o impacto. Embora a ação humana não altere as sazonalidades climáticas, as interferências na superfície são significativas. A artificialização dos ambientes ocorre de modo a desconsiderar a dinâmica natural, diminuindo sua capacidade em absorver e dissipar as energias provenientes dos sistemas atmosféricos.

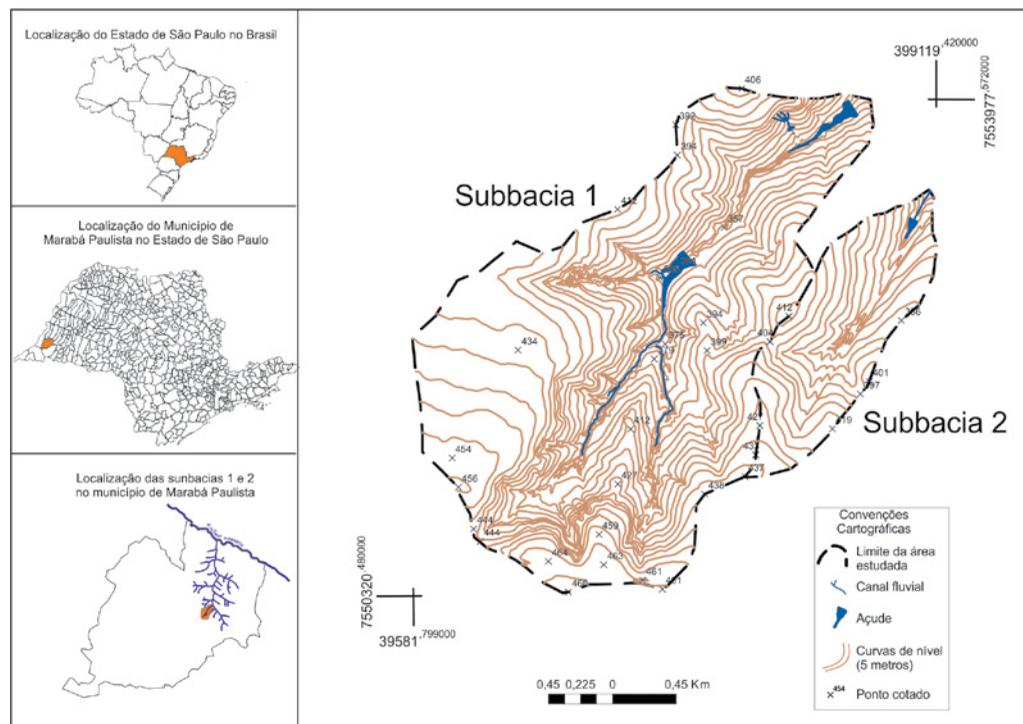
Com os ambientes alterados, os desequilíbrios ocorrem com maior constância, uma vez que fenômenos denudativos, característicos de excepcionalidades climáticas/tectônicas, com propriedade de escala temporal geológica, passam a se desenvolver ao longo de eventualidades sazonais, no tempo histórico. Perez Filho e Quaresma (2011) consideram que essa mudança na escala temporal dos fenômenos caracteriza tais processos geomorfológicos como de gênese antrópica.

Sobre a problemática da erosão do solo, as contribuições originárias do arcabouço teórico da ciência geomorfológica, pautada no estudo criterioso das formas

de relevo, processos atinentes e interferências antrópicas, constitui-se em uma ferramenta fundamental no entendimento das questões ambientais relacionadas à localização e desenvolvimento dos processos denudativos, uma vez que tal entendimento se faz necessário para resolução ou amenização do problema.

Nesse sentido, utilizando-se dos sistemas de mapeamento geomorfológico francês (TRICART,1965) e do *Internacional Institute for Aerial Survey and Earth Sciences* (VERSTAPPEN; ZUIDAM, 1975), pautados em informações morfogenéticas e nos processos geomorfológicos dominantes (FLORENZANO, 2008), foram realizados mapeamentos geomorfológicos em duas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, localizadas no município de Marabá Paulista (SP) (Figura 1). Nessas bacias, em que apenas 2,19% da superfície está recoberta por vegetação florestal nativa, encontram-se voçorocamentos e distintas técnicas conservacionistas e de contenção dos processos denudativos: nos sulcos foram construídas bacias de contenção; nas ravinas obliterações e bacias de contenção; nos canais com voçorocamento, açudes para conter o fluxo de água.

Figura 1: Localização das sub-bacias Água da Fruteira e Santa Ângela



Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um exemplo de cartografia geomorfológica que agrega a simbologia para técnicas de contenção dos processos erosivos, principalmente bacias de contenção e obliteração. Entende-se que tais feições antrópicas, quando analisadas junto às demais feições geomorfológicas a serem cartografadas, possibilita avaliar a interferência promovida por tais técnicas na evolução dos processos denudativos e, assim, constatar sua eficiência na resolução da problemática.

Para tanto, mapearam-se nas sub-bacias as feições geomorfológicas de 1963, 1979, 1997, 2010 e 2015, em escala 1: 10.000, analisando as informações de modelado antrópico (técnicas conservacionistas e de contenção dos processos erosivos) e feições de origem denudativa (marcas que indicam erosão laminar, sulco, ravina e voçoroca) de forma quantitativa, com a construção de gráficos para relacionar as feições de todos os anos mapeados.

Materiais e métodos

Para os mapeamentos geomorfológicos dos anos avaliados neste estudo, como base cartográfica foram utilizadas as folhas: 057/019; 057/20; 058/19 e 058/20 das cartas topográficas, em escala 1:10.000, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC, 2000), das quais foram digitalizadas as informações de curvas de nível e pontos cotados.

Para o mapeamento do ano de 1963 foram utilizadas as fotografias 5503, 5504, 5505, 6273, 6274, 6275, 6276 do aerolevanteamento realizado pelo Estado de São Paulo, em escala aproximada de 1:25.000. Para o ano de 1979, foram usadas as fotografias FX91A-2857 e 2858, FX92-2871 e 2873 e FX93-2921 e 2922, do aerolevanteamento realizado pela empresa Terrafoto S.A – Atividades de Aerolevanteamento, em escala aproximada de 1:25.000.

No ano de 1997, foram utilizadas as fotografias 07/5884, 07/5885 e 07/8856, do aerolevanteamento de Presidente Venceslau e áreas correlatas, em escala de voo aproximada de 1:35.000. No mapeamento das feições geomorfológicas, trabalhou-se essas fotografias em estereoscopia digital através da elaboração de anaglifos no *software StereoPhoto Maker*, seguindo orientações de Souza; Oliveira (2012).

Obtido os pares estereoscópicos, o mapeamento foi realizado no *software ArcGis*; embora haja discordância entre as escalas dos aerolevanteamentos e a utilizada nesse estudo, realizou-se a fotointerpretação com o máximo de zoom e detalhe possível, considerando-se, portanto, que as feições levantadas são passíveis de serem cartografadas e trabalhadas na escala da base cartográfica.

No mapeamento geomorfológico de 2010 foram utilizadas as ortofotos SF_22_YB_I_2_ NE e SE, SF_22_YB_II_1_NO e SO do levantamento realizado pela Empresa

Paulista de Planejamento Metropolitano S.A (EMPLASA, 2010), com resolução de 0,45 m, enquanto para o ano de 2015, imagens orbitais do satélite *Quickbird* de 2013, com resolução de 0,6 m. Essas informações foram trabalhadas diretamente no *software* ArcGis e reambuladas em campo em 2011, 2012, 2013, 2015 e 2016.

Para a elaboração das cartas geomorfológicas, foram utilizados o sistemas de mapeamento francês (TRICART, 1965) e *Internacional Institute for Aerial Survey and Earth Science* (ITC), proposto por Verstappen; Zuidam (1975), uma vez que ambos dão ênfase aos processos morfogenéticos dominantes.

Em todos os mapeamentos geomorfológicos das sub-bacias estudadas buscou-se evidenciar os aspectos da morfometria (curvas de nível, rede de drenagem, colo topográfico e divisor de águas) e da morfogênese, agrupando-se as formas identificadas em feições de origem denudativa, ação das águas correntes e do modelado antrópico, proposto por Tricart (1965). Da proposta de Verstappen; Zuidam (1975), foram incluídas as formas de vertentes, uma vez que estas indicam o comportamento possível do escoamento superficial, considerando que, para um ambiente quente e úmido, como o trabalhado neste capítulo, a ação hídrica constitui o principal elemento modelador do relevo.

No universo analisado neste trabalho, como a problemática consiste na erosão do solo, para as formas de origem erosiva utilizou-se da cor vermelha ao invés do preto, proposto por Tricart (1965), ou do marrom, da proposta de Verstappen; Zuidam (1975), uma vez que a cor vermelha traz maior destaque visual às formas erosivas. As cores das formas de vertentes, representadas em preto, do modelado antrópico, em cinza, e das formas de origem fluvial, em azul escuro, seguiram as recomendações de Verstappen; Zuidam (1975).

Os dois símbolos criados na cartografia das técnicas de contenção dos processos denudativos seguiram princípios apresentados para o mapeamento de outras feições geomorfológicas. Ambas foram adicionadas ao modelado antrópico.

A simbologia utilizada para representar a obliteração partiu da ideia de que estas ocorrem em feições de ravina, assim, utilizou-se o símbolo de triângulo (Figura 2). No entanto, para o caso da obliteração, o triângulo, ao invés de vazado, foi preenchido com a cor cinza, indicando que a ravina foi soterrada.

Para as bacias de contenção, seguiu-se o modelo de símbolo dos terraços agrícolas, uma vez que as bacias têm a função de retenção do fluxo de água em superfície, de modo a promover a infiltração. Na representação cartográfica, o traço mais longo (Figura 3) traz a ideia de estancamento de água, enquanto os vários traços menores, perpendiculares ao mais longo, a possibilidade de infiltração. A cor seguiu o mesmo padrão para modelado antrópico, no entanto em um tom de cinza mais escuro para

as bacias de contenção, uma vez que muitas dessas bacias ocorrem nas áreas obliteradas, de modo que a mudança de tom permite melhor visualizar essas feições cartografadas (Figura 2; Figura 3).

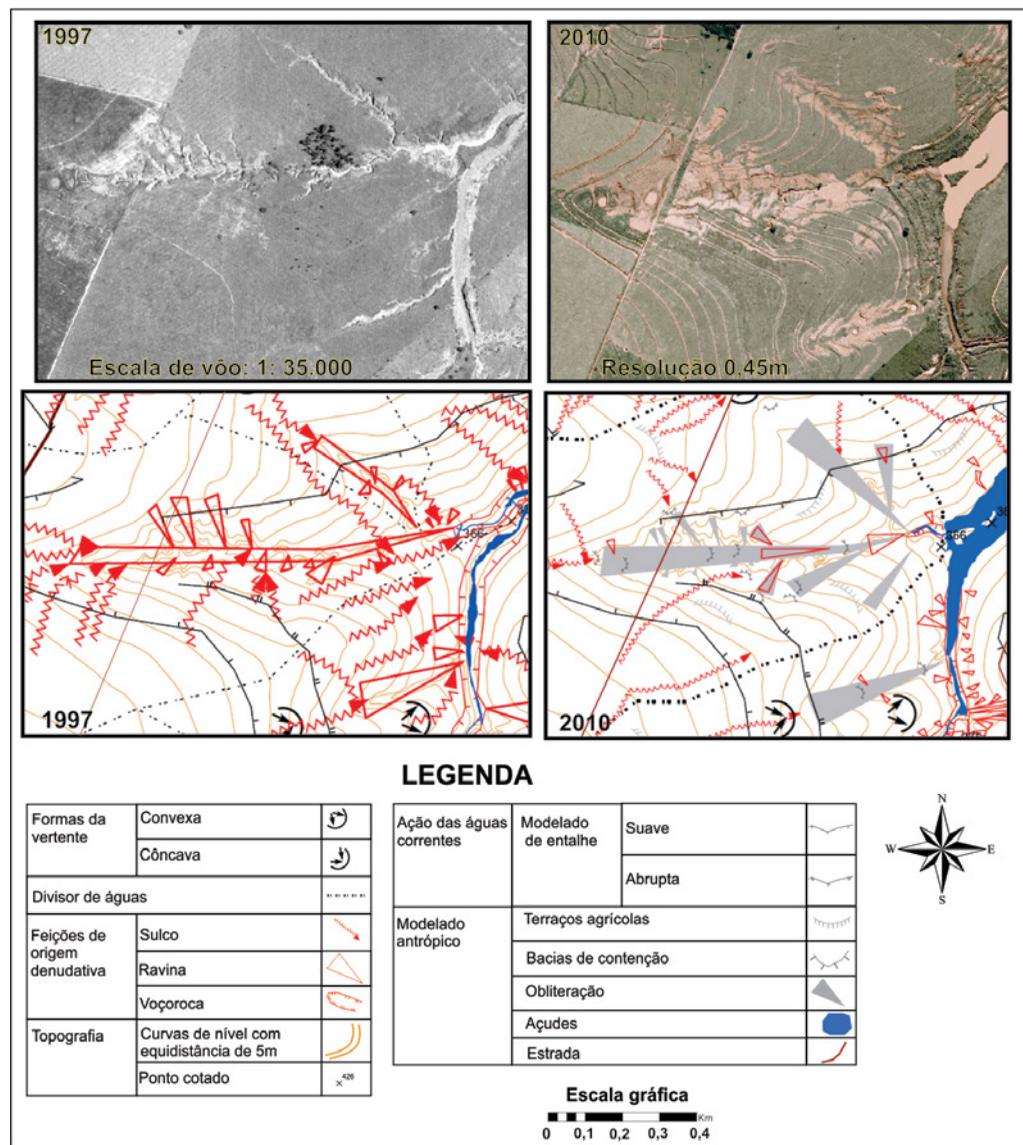
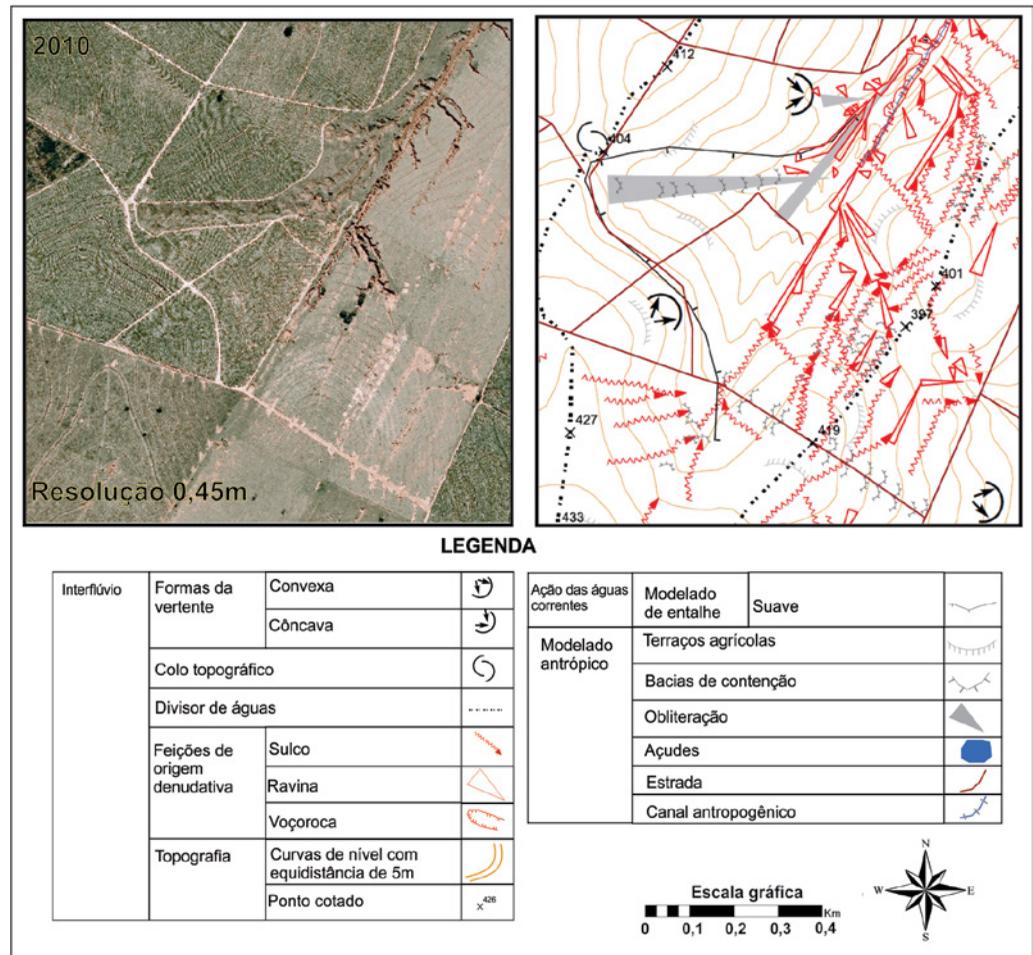


Figura 2: Identificação de feições geomorfológicas e simbologias na sub-bacia Água da Fruteira.

Nas fotografias aéreas da figura 2, visualiza-se a diferença na área atingida pelas feições erosivas: em 1997 ocorrem ravinas com ramificações, enquanto em 2010 todas essas se encontram soterradas. Em ambos os mapeamentos das figuras 2 e 3, as simbologias adotadas permitem a sobreposição das feições, uma vez que

é possível verificar tanto as bacias de contenção como as pequenas ravinas que se desenvolvem sobre as áreas obliteradas.

Figura 3:
Identificação de feições geomorfológicas e simbologias na sub-bacia Santa Ângela.



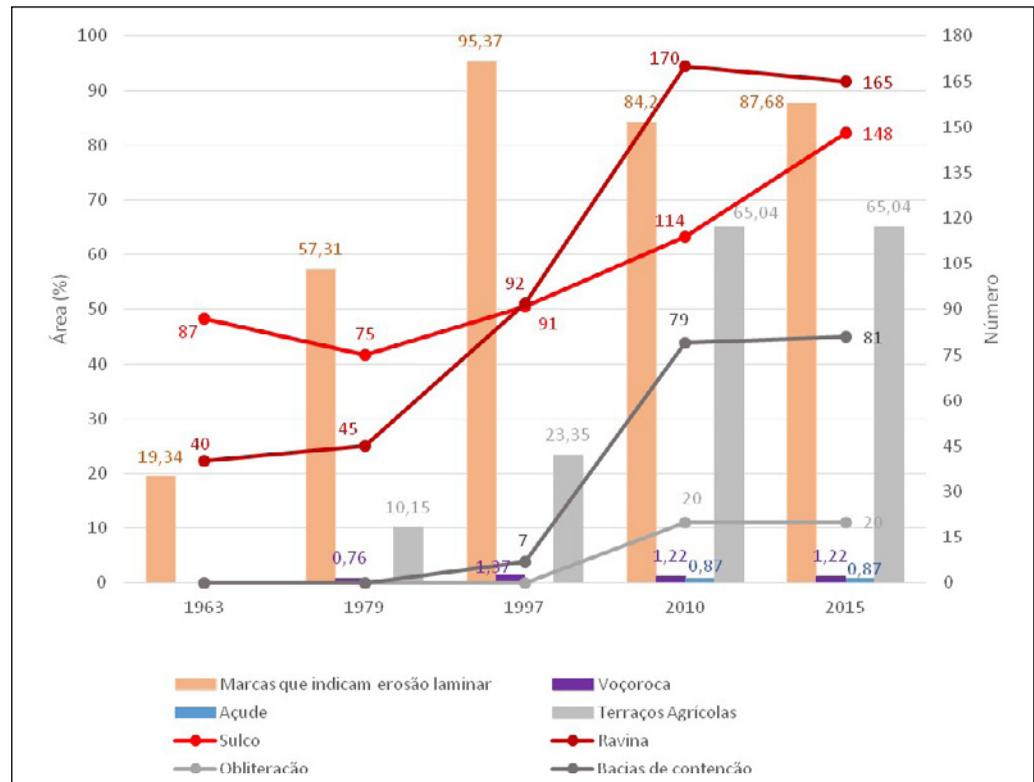
Na figura 3 constatou-se grande quantidade de bacias de contenção, além das áreas obliteradas, ao longo de estradas rurais e no percurso de sulcos erosivos; assim, o mapeamento dessas feições também indica alterações locais do comportamento hidrodinâmico.

Após os mapeamentos, as informações de formas de origem denudativa e do modelado antrópico foram levantadas quantitativamente de acordo com sua natureza espacial: sulcos, ravinas, obliteração e bacias de contenção em número; marcas que indicam erosão laminar, voçoroca, açude e terraços agrícolas em % de área. Essas informações foram trabalhadas em forma de gráfico, de modo a comparar a evolução dos processos denudativos frente às interferências promovidas pelas técnicas conservacionistas e de contenção dos processos denudativos.

Resultados e discussões

Na sub-bacia Água da Fruteira, os terraços agrícolas foram identificados a partir de 1979, ano em que a erosão já atingia significativamente a área, constatando-se a presença de todas as formas erosivas. Neste ano, os terraços agrícolas foram utilizados em 10,15% da sub-bacia, e, quando comparado ao ano anterior, 1963, os dados demonstraram efeito apenas nos sulcos erosivos, reduzidos em número de 87 para 75 (Figura 4).

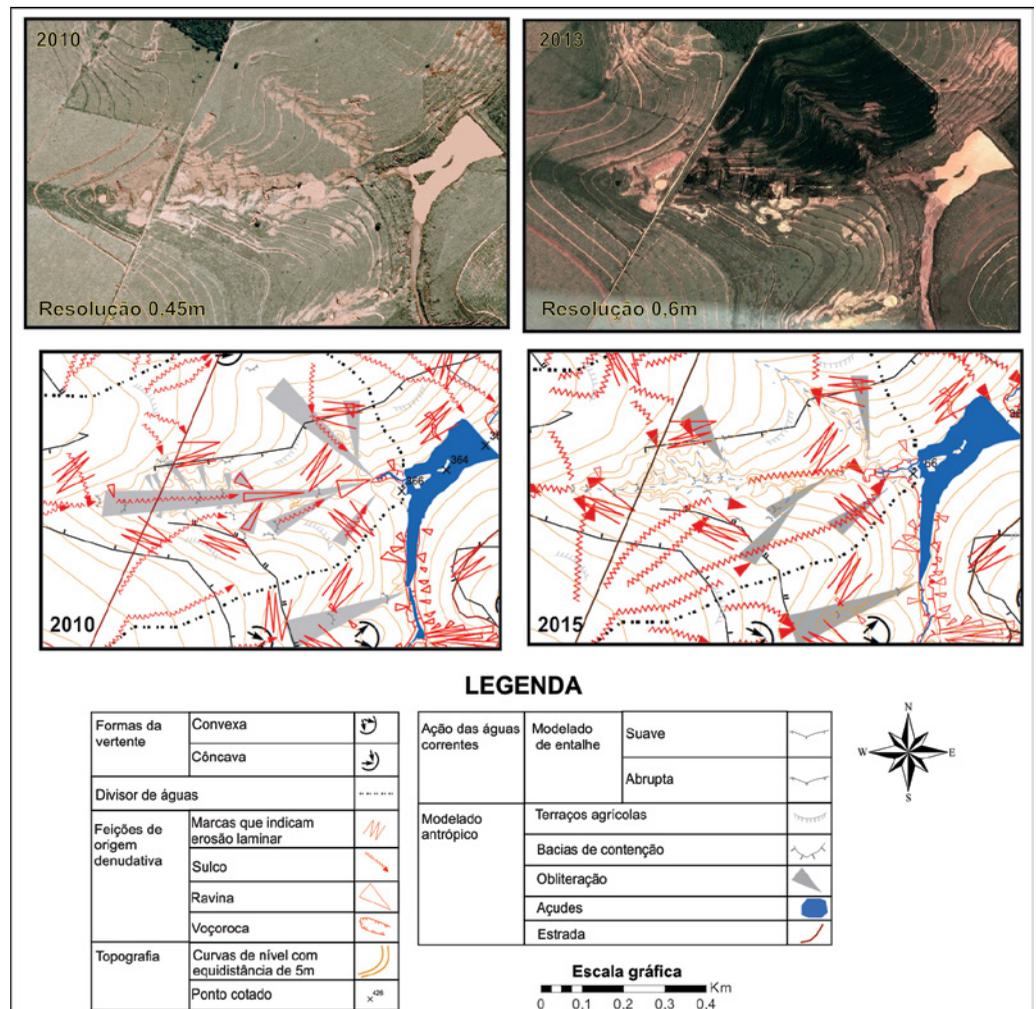
Figura 4: Gráfico de feições erosivas e técnicas conservacionistas e de contenção dos processos denudativos na sub-bacia de Água da Fruteira.



No entanto, no ano seguinte de análise, 1997, mesmo com a duplicação das áreas de terraços agrícolas e implementação de bacias de contenção, todas as feições erosivas apresentaram aumento significativo, praticamente duplicando em número e área afetada. Esse dado demonstrou aumento proporcional entre os terraços e as feições erosivas, de maneira que a maior infiltração em área atingida por voçorocamento tende a abastecer o escoamento de água no talvegue da forma erosiva. Ainda, quando a voçoroca se encontra em franca dinâmica de escavamento, dinamiza os demais processos, como ravinas e sulcos erosivos que se encontram a montante do talude erosivo da voçoroca.

A partir de 2010 houve aumento expressivo na área com terraços agrícolas para 65,04% de toda área, as bacias de contenção aumentaram em 11,2 vezes e 20 feições em ravinas foram obliteradas. Nesse ano, em relação a 1997, diminuiu as áreas com marcas que indicam erosão laminar, muito devido à correção promovida na construção dos terraços agrícolas. Nesse período constatou-se a redução na área da voçoroca, devido aos dois barramentos do canal atingido por essa erosão: um no médio curso e outro na foz. Concomitantemente, as ravinas e sulcos aumentaram significativamente, sobretudo a primeira que passa de 92 para 171.

No ano de 2015, apenas as bacias de contenção aumentaram, verificando duas novas feições em relação a 2010. Os terraços agrícolas e açudes mantiveram-se no mesmo número, enquanto as obliterações reduziram em função de seu recobrimento pelo cultivo de eucalipto (Figura 5).

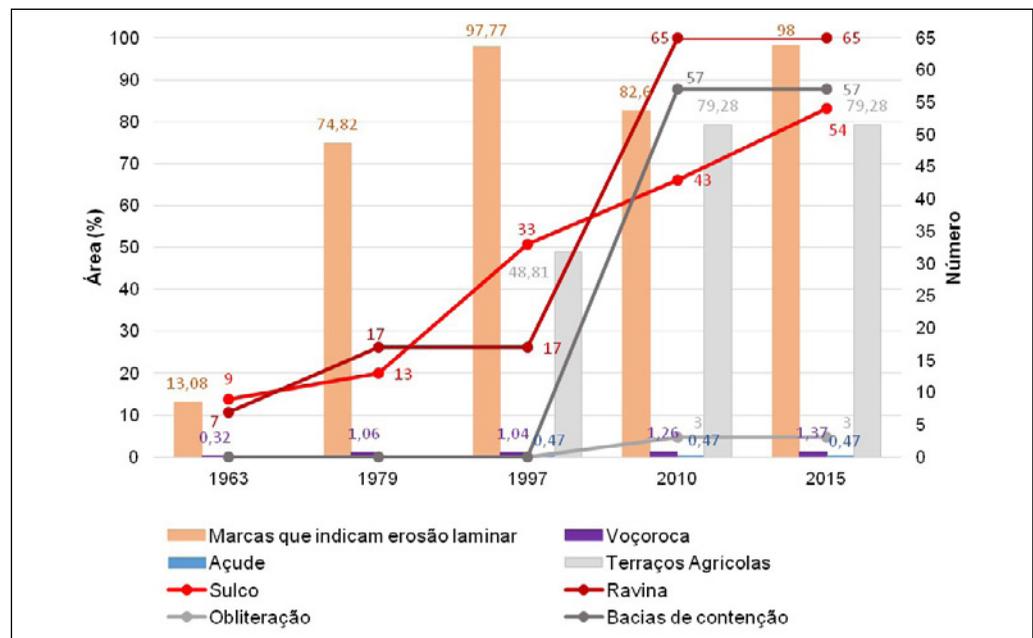


Na figura 5, após o cultivo de eucalipto na área obliterada, as feições em ravinas deixaram de se desenvolver; no entanto, aumentaram as feições que indicam erosão laminar e em sulcos. Nas áreas vizinhas aos terrenos obliterados, sobre cobertura de pasto, desenvolveram-se numerosos sulcos do ano 2010 para 2015.

Quanto às feições denudativas, em toda sub-bacia Água da Fruteira (Figura 4) constatou-se a aparente estabilização do processo de voçorocamento, que não evoluiu em área, assim como a redução do número de ravinas, muito devido ao setor destacado na figura 5. No entanto, as áreas com marcas que indicam erosão laminar retornaram a aumentar em 3,48% e os sulcos aumentaram em número, em 1,3 vezes. Este dado demonstrou que os fenômenos iniciais do processo erosivo continuaram ativos mesmo com todas as técnicas aplicadas.

No geral, as análises indicaram que as técnicas reduziram o fenômeno erosivo quando acompanhadas de mudanças na cobertura superficial da terra, como apresentado na figura 5, onde foi estabelecido cultivo de eucalipto que proporcionou maior proteção ao solo em relação à pastagem que predomina na área.

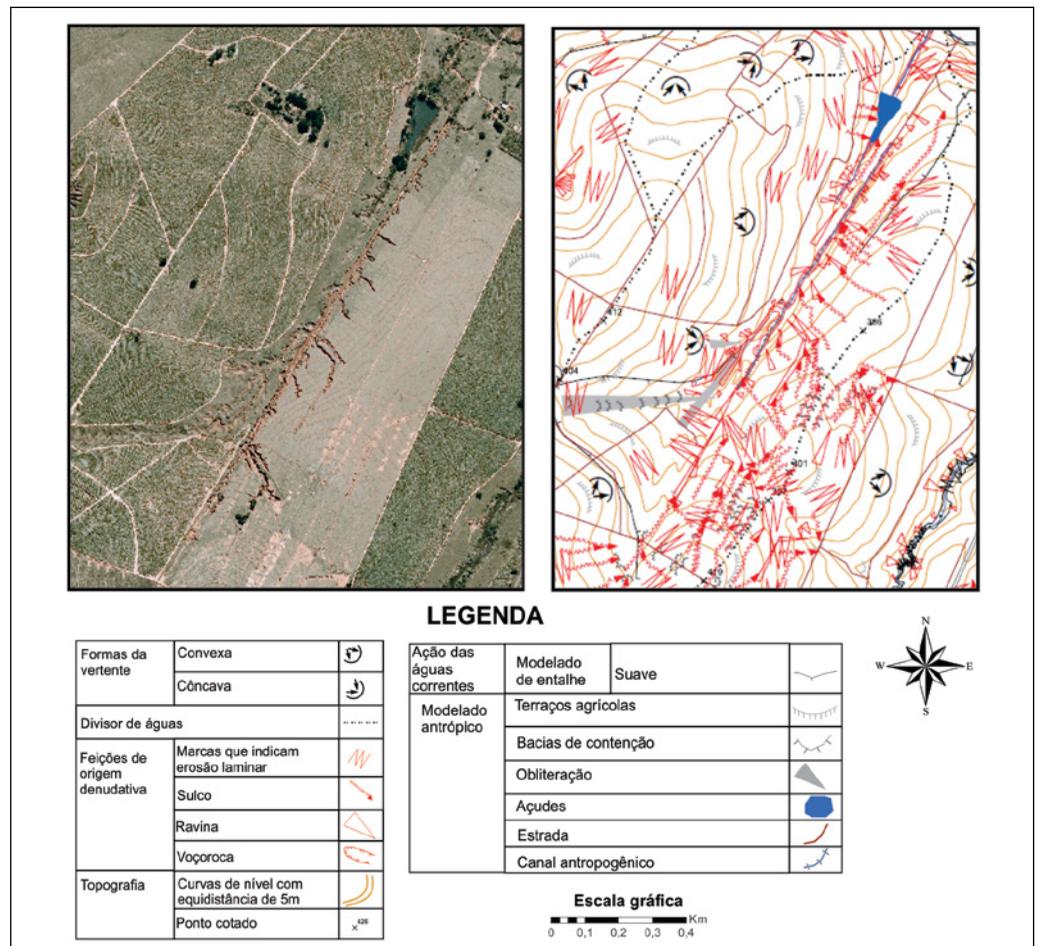
Na sub-bacia Santa Ângela, os terraços agrícolas foram introduzidos a partir de 1997, no terceiro ano avaliado. Assim, entre 1963 e 1979 os fenômenos erosivos se desenvolveram sem a aplicação de nenhuma técnica de conservação de solo ou de contenção dos fenômenos erosivos. Desde o primeiro ano avaliado levantou-se a presença de todas as feições erosivas, que evoluíram significativamente no ano posterior: as marcas que indicam erosão laminar aumentam em 5,72 vezes; os sulcos em 1,44 vezes; as ravinas em 1,89 vezes e a voçoroca 3,31 vezes (Figura 6).



Em 1997, 48,81% dos terrenos encontravam-se com terraços agrícolas e um barramento com formação de açude foi feito no médio curso do canal com voçorocamento. Com essas mudanças, em relação a 1979, ocorreu a estabilização das ravinas e a redução da área de voçorocamento, devido à inundação de parte desta para formação do açude. No entanto, constatou-se aumento tanto das marcas que indicam erosão laminar, que passaram a atingir 97,77% da área, como dos sulcos, de 13 para 33.

De 1997 para 2010 aumentou a área de terraço agrícola para 79,28% de toda bacia. Concomitante, foram introduzidas técnicas de contenção dos processos denudativos, com 57 bacias de contenção e três obliterações. Essas mudanças surgiram junto ao cultivo de cana-de-açúcar na sub-bacia, que passou a contornar as erosões em ravina e voçoroca nas vertentes a oeste do canal principal, enquanto as vertentes a leste encontravam-se todas sujeitas ao pastoreio, com algumas bacias de contenção ao longo de estradas rurais e sulcos erosivos (Figura 7).

Figura 7: Diferenças no tratamento da problemática erosiva nas vertentes a W e E do canal principal da sub-bacia Santa Ângela.

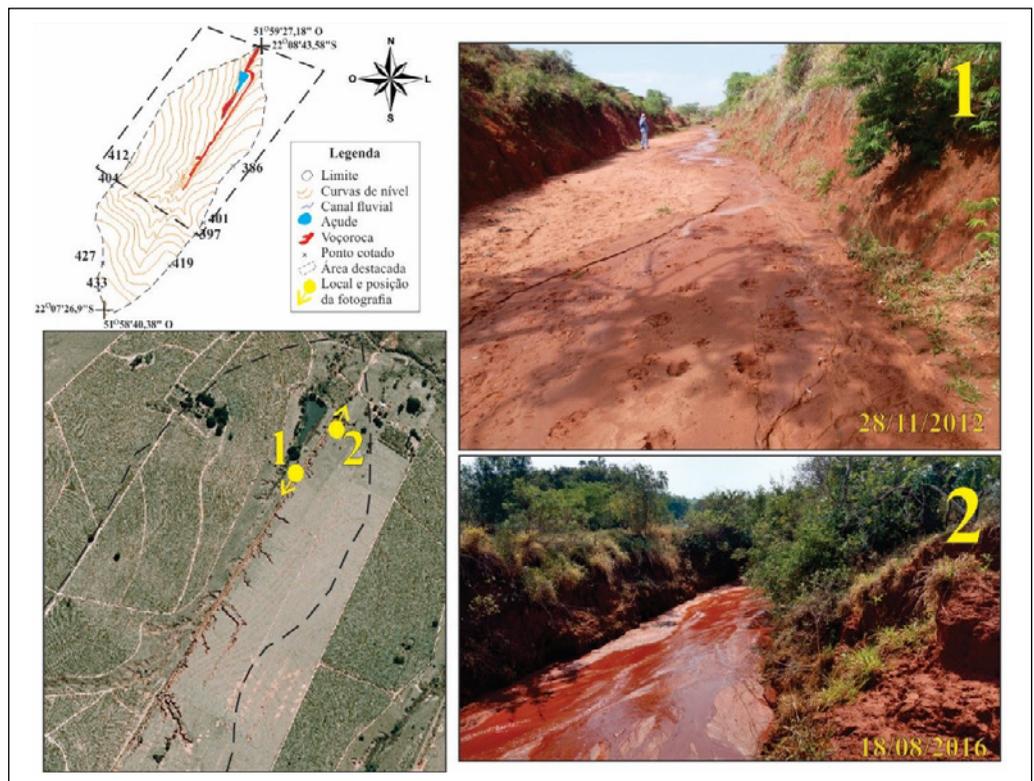


Como constatado na figura 7, muitas das feições que apresentaram aumento em relação a 1997 ocorreram, principalmente, nas áreas de pasto, nas vertentes a leste. As ravinas aumentaram de 17 para 65, enquanto os sulcos de 33 para 43. Outra voçoroca se desenvolveu atingindo uma antiga estrada rural e formando um canal antropogênico; esse fenômeno ocorreu, potencialmente, devido ao aumento da infiltração proporcionada pelos terraços agrícolas e bacias de contenção. Desse período, as marcas que indicam erosão laminar foi a única feição erosiva que apresenta redução, de 15,17% em área, consequente da correção constante dos terraços pelos carreadores nas áreas de cana-de-açúcar.

No ano de 2015, em relação a 2010, não se verificaram mudanças nos terraços agrícolas ou nas técnicas de contenção dos processos denudativos, essa estagnação também se verificou na ravina, no entanto, todas as demais feições aumentaram significativamente: as marcas que indicam erosão laminar atingiram 98% dos terrenos; os sulcos aumentaram em 11 novas feições. Na voçoroca, de 2010, e em campo em 2012, constatou-se que a água que escoava pela estrada rural não tinha força suficiente para atingir o canal à jusante, infiltrando no solo ao longo do percurso. Entretanto, em 2015, e em campo em 2016, foi aferido aumento no fluxo de água, em que a água que escoava passa a atingir o canal fluvial à jusante do açude (Figura 8), aumentando em 0,11% a área atingida pelo processo de voçorocamento.

Figura 8: Voçorocamento com formação de canal antropogênico em 2012 e 2016 na sub-bacia Santa Ângela.

Fonte: ZANATTA; LUPINACCI; BOIN; MORUZZI (2017)



Na sub-bacia Santa Ângela, observou-se que as bacias de contenção e os terraços agrícolas apresentaram um efeito indesejado, uma vez que contribuíram, potencialmente, não apenas para o surgimento de uma nova voçoroca e formação de canal antropogênico em antiga estrada rural, como também, entre os dois últimos anos avaliados, para o abastecimento e aumento do fluxo de água no talvegue da erosão.

Considerações finais

O mapeamento das técnicas para contenção dos processos denudativos, quando avaliados junto às feições de origem denudativa na cartografia retrospectiva, possibilitaram identificar a influência que essas possuem nos processos geomorfológicos, como também aferir sua eficiência na contenção dos processos erosivos de duas sub-bacias com voçorocamento. Desse modo, constatou-se que essas técnicas apresentaram baixa interferência no desenvolvimento dos processos erosivos: na sub-bacia Água da Fruteira os processos de ravinamento só cessaram a partir da introdução do eucalipto nas áreas obliteradas a partir de 2015, uma vez que, sem essa cobertura, no ano de 2010, ravinas e sulcos desenvolviam-se em meio à área obliterada.

Os estágios iniciais do processo erosivo, as marcas que indicam erosão laminar e sulco, continuaram a se desenvolver nos anos posteriores à implementação de terraços agrícolas e bacias de contenção. Na sub-bacia Santa Ângela constatou-se que o aumento de infiltração proporcionado pelos terraços e bacias de contenção promoveram, potencialmente, a formação de um novo processo de voçorocamento, o qual teve incremento no fluxo de água no talvegue nos anos seguintes ao uso das mencionadas técnicas. Nessa sub-bacia, a mudança na cobertura superficial foi mais efetiva, como demonstra a diferença no desenvolvimento dos processos erosivos nas vertentes oeste, com cana-de-açúcar, e leste, com pasto.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento concedido ao desenvolvimento da pesquisa de doutoramento, processo n.º 2015/00875-2.

Referências

- BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Status of the World's Soil Resources**. Roma: *Food and Agriculture Organization Nations*, 2015.
- FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- PEREZ-FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.12, n. 3, 2011. p. 83-90.
- SOUZA, T. A.; OLIVERA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista GeoNorte**. Edição Especial, v.2, n.4, 2012, p.1348-1355.
- TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
- VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. **System of geomorphological survey**. Netherlands. **Manual ITC Textbook**, vol. VII, Chapter VII, 1975.
- ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N.; MORUZZI, R. B. Antropogeomorfologia e problemática erosiva em área rural degradada. Marabá Paulista (SP). Campinas. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia**. Campinas: UNICAMP, 2017, (prelo).

PARTE 2



*Aplicações
no meio urbano*

5 Alterações no relevo provocadas pela urbanização no setor oeste da cidade de Rio Claro (SP)

Marcelo Eduardo Franzin

Introdução

O ambiente urbano é uma necessidade social construída pela ação humana sobre as paisagens naturais ou antrópicas, que modifica os processos naturais ao impermeabilizar as superfícies e remodelar a topografia, por meio dos arruamentos e dos cortes e aterros, provocando mudanças significativas na dinâmica do relevo sobre o qual se assenta.

O homem alcançou a capacidade técnica de intervir na topografia por meio das ferramentas desenvolvidas, o que lhe confere resultado direto em seu avanço social, tecnológico e econômico, e dificilmente existem hoje cidades que não tiveram sua topografia original modificada (NIR, 1983). Essa evolução tecnológica alterou a forma de intervenção no sistema relevo, por vezes dinamizando os processos numa escala de tempo curta, ou seja, no tempo histórico (CASSETTI, 1994).

Segundo Weitz (1973 *apud* NIR, 1983) a população mundial urbana era de quase 3% da população total em 1800, sendo que em 2012 atingiu 53% do total, ou seja, 3,6 bilhões de habitantes ocupando áreas urbanizadas, de acordo com o Banco Mundial (2016). O aumento populacional no ambiente urbano envolve o aumento de área construída, a necessidade de energia, de drenagem urbana, de vias de comunicação, tais como arruamentos, ferrovias e estradas, bem como pavimentação e impermeabilização.

A urbanização tem crescido principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (PNUD, 2015). Tal fato gera preocupação em relação às condições socioambientais urbanas existentes nesses países, que carecem de infraestruturas urbanas adequadas ao uso e ocupação do solo. Segundo Gupta e Ahmad (1999), as

idades situadas nos trópicos, em países em desenvolvimento, possuem algumas características semelhantes, com destaque para o acelerado crescimento urbano, principalmente nas áreas periféricas das cidades, por vezes inadequadas para a instalação do sítio urbano por serem áreas costeiras, pântanos, várzeas e encostas íngremes, e também áreas de deposição de resíduos ou de recarga de aquíferos.

As cidades assentadas sobre o relevo representam uma das mais profundas modificações humanas na natureza, pois criam novas condições aos fluxos de matéria e energia, as quais nem sempre se adequam às características naturais existentes, e seus efeitos atingem áreas além das urbanizadas. Segundo Goudie (2004), em certas situações, por não compreender o funcionamento do sistema geomorfológico natural, as ações antrópicas alteram as formas e os processos e podem definir alguns eventos que não foram antecipados ou desejados.

As intervenções antrópicas no relevo alteram significativamente suas formas e aceleram ou retardam os processos naturais; desse modo, segundo Nir (1983), pode-se considerar o homem enquanto um agente geomorfológico, pois quase todos os processos geomorfológicos se encontram sob a influência da atuação antrópica. Para compreender a interferência humana sobre o sistema relevo deve-se, de acordo com Rodrigues (2005), considerar a história cumulativa bem como a dinâmica das intervenções antrópicas, buscando compreender a influência destas sobre a dinâmica geomorfológica.

Considerando as alterações provocadas pela urbanização no sistema relevo ao longo do tempo, apresenta-se a seguir um estudo de caso acerca de um setor urbano da cidade de Rio Claro (SP), que indica como as variações naturais da topografia dos sítios urbanos podem gerar diferentes efeitos processuais, sob o mesmo tipo de uso da terra.

A cidade de Rio Claro, assim como a maioria das cidades médias do interior do estado de São Paulo, a partir da década de 1970 passou por um grande crescimento urbano em função da migração. Em 1960, a população do município era de 59.843 habitantes, e em 2016 a população foi estimada em 201.473 habitantes (IBGE, 2010), ou seja, o contingente populacional mais que triplicou no período de quase 60 anos, e atingiu uma taxa de urbanização de 97,57% (IBGE, 2010).

Com o aumento populacional, a cidade, que antes ocupava apenas o topo do interflúvio entre o ribeirão Claro e o rio Corumbataí, cresceu na direção destes vales, situados respectivamente nas bordas urbanas leste e oeste da cidade, desencadeando problemas urbanos e ambientais oriundos da ausência de planejamento urbano e em função das características físicas do relevo.

O setor oeste da cidade de Rio Claro (Figura 1) se caracterizava como o principal vetor de expansão urbana devido à instalação de conjuntos habitacionais e loteamentos durante a década de 1980.

O impulso imobiliário desse período desencadeou diversos problemas ambientais que se estenderam às décadas seguintes. Alguns loteamentos até hoje se encontram em situação precária, sem infraestrutura básica e até mesmo sem a devida regularização das propriedades.

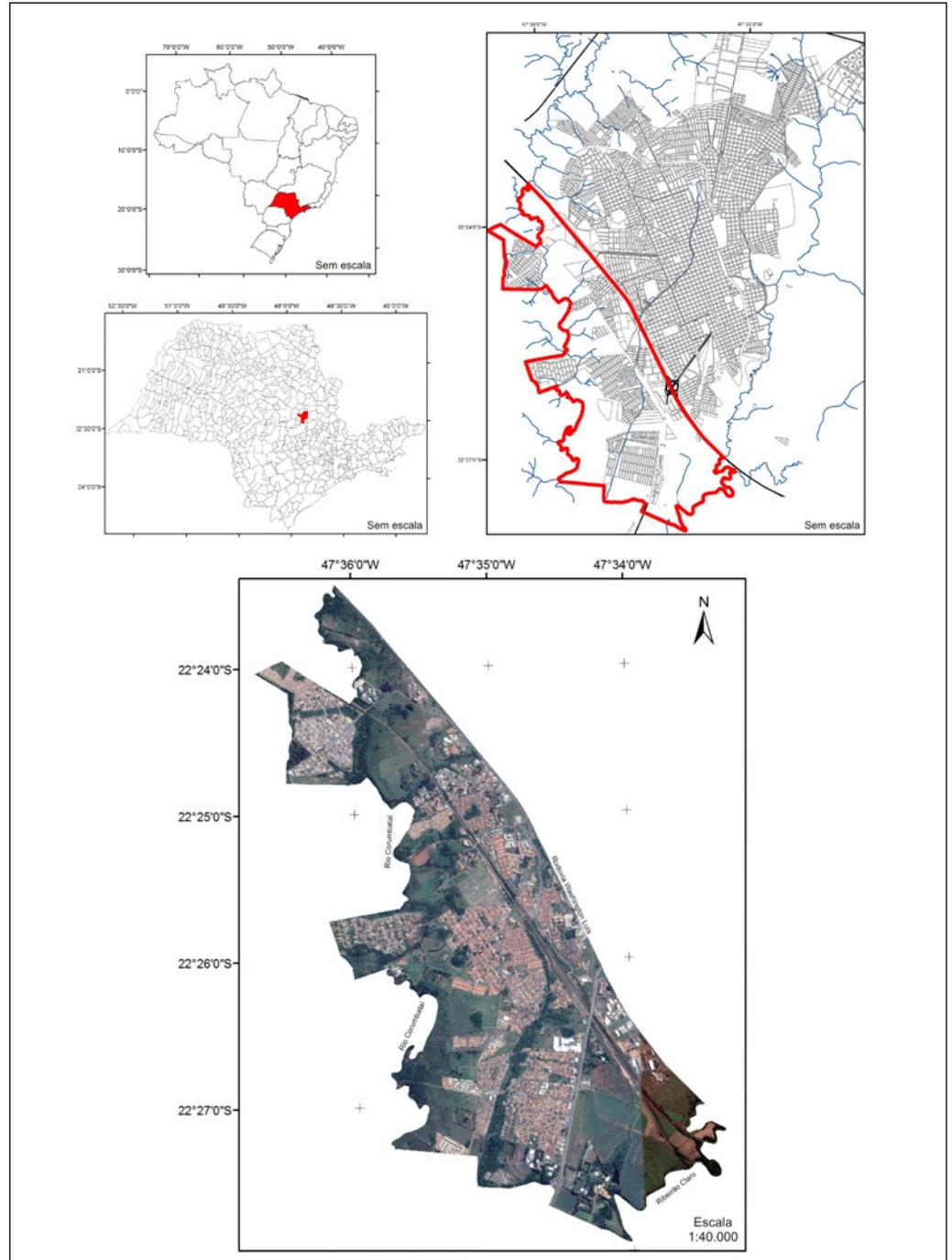


Figura 1: Localização do setor oeste da cidade de Rio Claro.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

Diante desse contexto é possível afirmar que a cidade de Rio Claro, assim como outras cidades brasileiras, segue o modelo de urbanização orientado pelo mercado imobiliário em detrimento das características físicas do terreno. Apesar dos problemas ambientais identificados em função desse fator, esse modelo tem se perpetuado.

O sítio urbano de Rio Claro situa-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo constituído por rochas sedimentares das eras Paleozoica (Formação Corumbataí) e Cenozoica (Formação Rio Claro e depósitos recentes); e magmáticas da era Mesozoica (Formação Serra Geral). A discordância litológica existente na zona de contato entre a Formação Rio Claro (no topo dos interflúvios) com textura que varia entre arenosa e argilo-arenosa; e a Formação Corumbataí (média e baixa vertente), cuja textura é argilosa, cria suscetibilidade à atuação de processos erosivos.

O estudo de Penteadó-Orellana (1981) sobre o sítio urbano de Rio Claro já apontava que os processos de erosão acelerada ou erosão antrópica nas bordas do urbano é o aspecto mais característico da paisagem. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1989 *apud* ZAINE, 2000), o município foi considerado como setor crítico a processos erosivos devido à ocorrência de erosões na área urbana.

Considerando essas questões, este capítulo busca identificar e analisar as alterações geradas pela urbanização sobre as formas de relevo do setor oeste da cidade de Rio Claro, baseada na abordagem antropogeomorfológica, por intermédio da cartografia geomorfológica evolutiva. Assim, através de recortes de cartas geomorfológicas em diferentes períodos históricos, apresentam-se as alterações mais comuns do relevo e discutem-se suas consequências sobre a dinâmica geomorfológica local.

Materiais e métodos

Os estudos que contemplam a análise das formas do relevo e os processos que ocorrem sobre estas, atrelados à indução ou potencialização de tais processos pelo uso antrópico, estão pautados na abordagem antropogeomorfológica (RODRIGUES, 2005; GOUDIE, 2004). Esta abordagem consiste no estudo da interferência antrópica sobre o sistema relevo, modificando processos geomorfológicos, tais como intemperismo, erosão, transporte e deposição (GOUDIE, 2004).

Para compreender as modificações dos processos geomorfológicos ao longo do tempo no espaço geográfico, utilizou-se a análise de cartas geomorfológicas. Segundo Argento (2008), as cartas geomorfológicas auxiliam na elucidação de diversos problemas, viabilizando a elaboração de cenários ambientais diferentes. Além disso, esse tipo de estudo favorece uma análise comparativa de cenários alterados pela ação antrópica a partir do processo de ocupação do espaço.

A elaboração das cartas geomorfológicas seguiu as proposições de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975). De acordo com Tricart (1965), tais cartas devem

ser elaboradas a partir de fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, contemplando uma série de dados indispensáveis para a cartografia de detalhe. Na visão do autor, apenas o estudo minucioso do terreno permite identificar corretamente as formas do ponto de vista dinâmico.

O mapeamento geomorfológico segundo Verstappen e Zuidam (1975) tem a finalidade de dar uma imagem concisa e sistemática do relevo e dos fenômenos ligados a este. As cartas são ferramentas de grande valor na avaliação dos recursos naturais, devido à relação existente entre as características geomorfológicas e os demais fatores do meio ambiente.

Para tanto, uma análise completa deve conduzir a identificação das características geomorfológicas da área, considerando a geologia, os condicionantes climáticos ou outros que predominem. No caso em questão, por se tratar de áreas urbanas com alterações no relevo, foram introduzidos os elementos do modelado antrópico.

As cartas geomorfológicas elaboradas na escala de 1:10.000, para a identificação e análise das alterações geradas pela urbanização, foram confeccionadas a partir da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas referentes ao cenário de 1988 e ortofotos do cenário de 2010. Os pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizados na fotointerpretação do cenário de 1988 possui uma escala aproximada de 1:40.000, e as ortofotos do cenário de 2010 possuem uma escala de 1:1.000. Apesar da impossibilidade de realizar a estereoscopia das imagens referentes ao cenário de 2010, a identificação das feições foi facilitada devido à escala (1:1.000).

O levantamento geomorfológico realizado foi baseado na quinta escala de grandeza proposta por Tricart (1965), que possui fatos geomorfológicos com alguns quilômetros quadrados.

A fotointerpretação para os mapeamentos foi realizada diretamente no programa *Arc GIS 9.2*. Para tanto, foram geradas imagens em três dimensões utilizando o método Anáglifo, que consiste na sobreposição digital de pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizando o programa *Stereo Photo Maker*, conforme as indicações de Souza e Oliveira (2012). Esse programa seleciona as áreas semelhantes e gera a sobreposição formando uma nova imagem com cores complementares (vermelho e azul-esverdeado). A imagem gerada, quando visualizada com óculos especiais de lentes coloridas (óculos 3D), provoca a percepção de profundidade.

As simbologias propostas por Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) atenderam parcialmente às necessidades, sendo utilizadas também simbologias propostas por Rodrigues (2005) e Silveira (2009) no que se refere às feições antropogênicas. As técnicas de criação de simbologias das feições identificadas no sistema relevo foram realizadas no programa *Arc GIS 9.2*, de acordo com as considerações de Paschoal, Conceição e Cunha (2010).

Resultados e discussões

As cartas geomorfológicas dos cenários de 1988 e 2010 subsidiaram a identificação das formas e feições geomorfológicas alteradas pelos elementos antrópicos, caracterizando o que se denomina de relevo antropogênico, de acordo com Rodrigues (2005). As feições geomorfológicas presentes na área de estudo nos dois cenários de análise são apresentadas quantitativamente na Tabela 1.

Tabela 1 – Feições geomorfológicas identificadas nos cenários de 1988 e 2010

FORMAS	QUANTIDADES	
	1988	2010
Sulcos erosivos	59	53
Ravinas	0	5
Voçorocas	2	2
Rupturas topográficas suaves	19,44 Km	10,51 Km
Rupturas topográficas abruptas	10,41 Km	10,40 km
Rupturas topográficas antrópicas	17,32 Km	17,63 Km
Rio Corumbataí	12,85 Km	12,60 Km
Canais fluviais de fundo plano	3,03 Km	6,80 Km
Canais fluviais de fundo em V	16,31 Km	10,86 Km
Canais fluviais retelinizados	0	0,86 Km
Canais fluviais aterrados	0,68 Km	1,02 Km
Canais pluviais	2,13 Km	2,21 Km
Lagoas e represamentos	14.024 m ²	8.310 m ²
Nascentes aterradas	0	2

Fonte: Cartas geomorfológicas – cenário de 1988 e 2010.

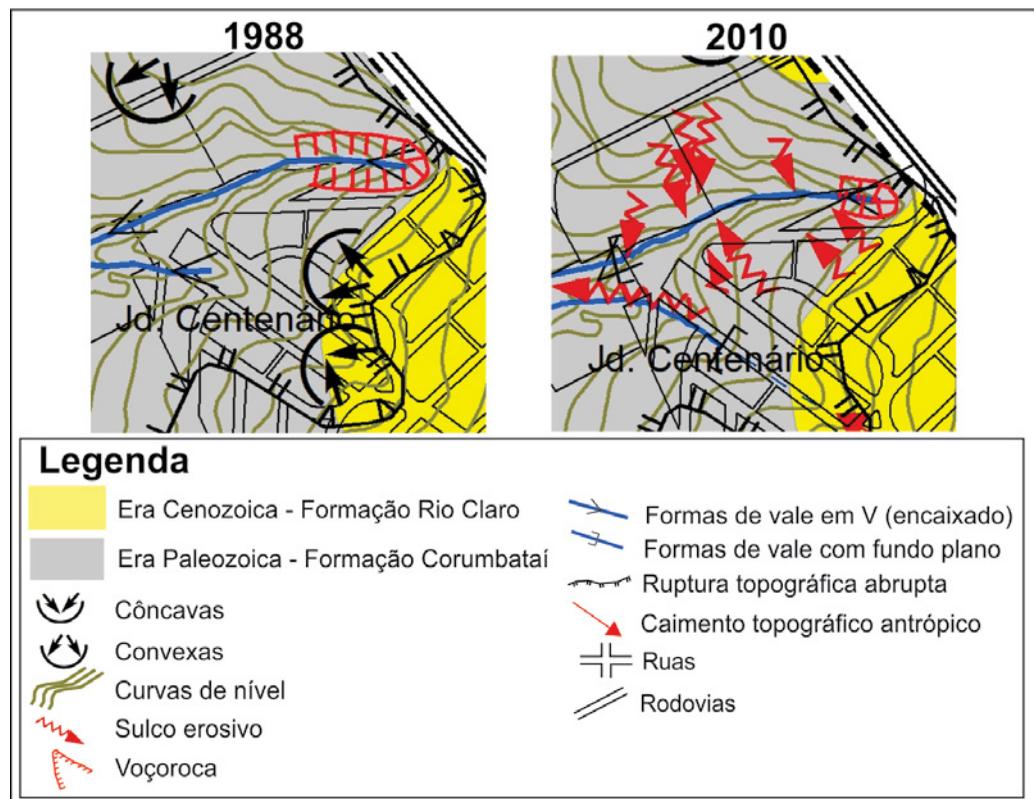
Organizado e elaborado pelo autor

O setor oeste da cidade de Rio Claro foi apontado por Cunha et. al. (2009) e Zaine (2000) como área de ocorrência de processos erosivos, onde existe a necessidade de cuidados com relação à urbanização e drenagem, devido às características físicas. A presença de materiais inconsolidados de baixa coesão no topo e na alta vertente, associada à Formação Rio Claro, e o material argiloso, pouco permeável derivado da

Formação Corumbataí na média e baixa vertente, favorecem a ocorrência de processos erosivos nas áreas de transição entre estas duas litologias.

Os sulcos erosivos têm ocorrência principalmente em média e baixa vertente, pois as formas de relevo são em geral longas rampas de colinas tabuliformes, por onde a água escoar até chegar às drenagens, produzindo ação erosiva sobre os materiais inconsolidados. Essas formas erosivas também foram mapeadas com frequência nas áreas periurbanas, onde existe uma alteração do material de superfície.

A impermeabilização do solo urbano aumenta o escoamento superficial e a vazão máxima, e por outro lado reduz o tempo de pico do escoamento das águas pluviais até as drenagens (TUCCI, 2009). Quando inexistente um sistema de drenagem pluvial eficiente, os arruamentos conduzem a água pluvial para as bordas do urbano, onde a cobertura da superfície possui menor resistência à ação da água, provocando processos erosivos lineares. Nas áreas com maior declividade e arruamentos seguindo o caimento do relevo, a ação da água produz um efeito ainda mais intenso, produzindo uma série de sulcos erosivos (Figura 2).



Os anfiteatros vinculados às cabeceiras de drenagem também são afetados pela ação erosiva nas bordas urbanas, pois os arruamentos seguem em direção a essas áreas mais baixas, sem qualquer diminuição da energia cinética do escoamento superficial das águas.

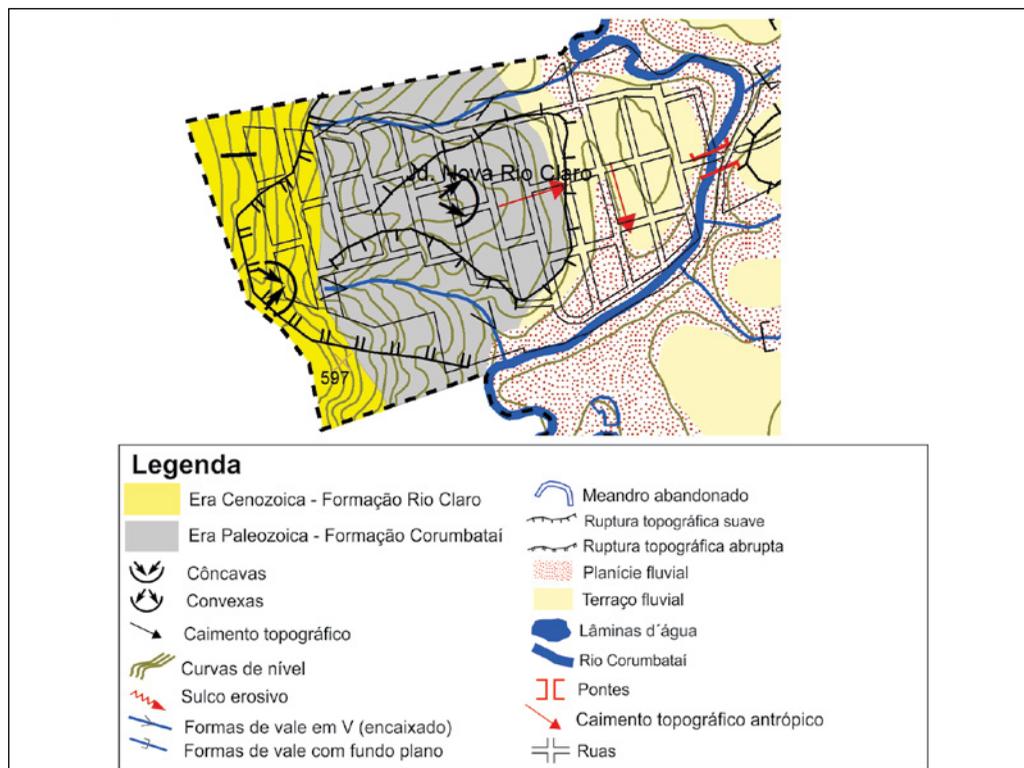
Dentre as alterações antrópicas provocadas pela urbanização, destacam-se as mudanças ocorridas com as rupturas topográficas e as feições hidrográficas. Com relação às rupturas topográficas, houve uma redução nas formas suaves, em função do avanço do urbano, pois os cortes e aterros executados para nivelar a superfície a ser construída mascaram as formas originais, suavizando as feições do relevo com arruamentos e lotes urbanos. As rupturas abruptas se mantiveram de um cenário para outro, em razão de serem formas mais salientes no relevo, dificultando as alterações.

As feições hidrográficas sofreram alterações principalmente na morfologia do leito dos canais tributários do rio Corumbataí, havendo um aumento na extensão dos canais com fundo plano e uma diminuição dos canais com fundo entalhado, em V. Acredita-se que isso está relacionado ao fato de alguns dos canais de primeira ordem possuírem suas nascentes posicionadas na discordância litológica existente entre a Formação Corumbataí (argilitos e siltitos) e a Formação Rio Claro (arenitos), situadas na área periurbana. Assim, a água do sistema urbano de drenagem pluvial é conduzida até as cabeceiras dessas drenagens, possibilitando o aumento da ação erosiva sobre as vertentes e a consequente deposição desses materiais ao longo dos vales.

Além das alterações na morfologia dos canais tributários, constatou-se a expansão urbana sobre o terraço e a planície fluvial do rio Corumbataí. O terraço fluvial está situado entre 5 a 10 metros acima do leito, em área de preservação permanente descaracterizada pela urbanização, sujeita a Projeto de Recuperação e/ou Compensação (Lei Municipal Complementar nº 082/2013). A planície fluvial do rio Corumbataí, assim como de alguns de seus tributários, encontra-se urbanizada (Figura 3), expondo a população local a enchentes durante o período de chuvas, em função do aumento do nível dos rios e à baixa declividade do terreno.

Figura 3: Ocupação da planície e do terraço fluvial no Jd. Nova Rio Claro (cenário de 2010).

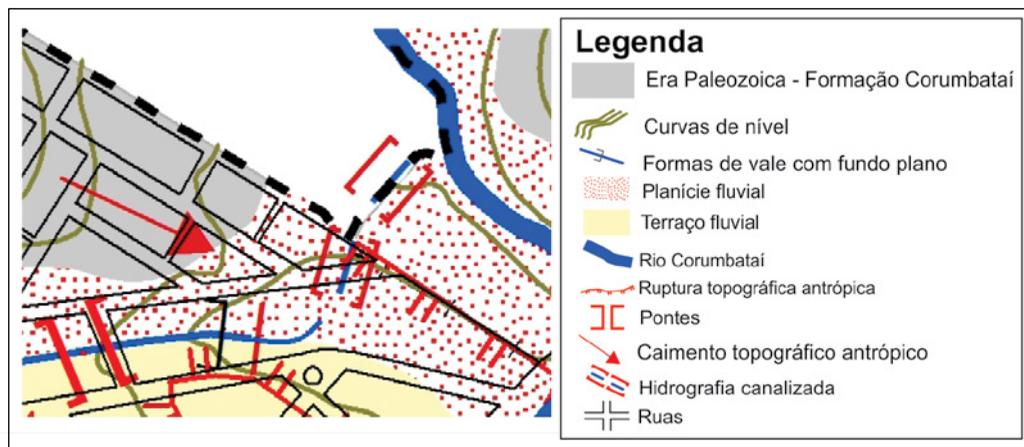
Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



A canalização da drenagem, entre os bairros Bom Sucesso e Novo Wenzel (Figura 4), demonstra a alteração provocada pela ação antrópica em relação aos elementos da natureza. Neste caso, o curso do canal fluvial foi desviado para dar passagem à estrada que liga Rio Claro a Ipeúna. Esse trecho onde o canal fluvial foi desviado apresenta risco de enchentes, por estar sobre a planície de inundação do rio Corumbataí.

Figura 4: Ocupação da planície e do terraço fluvial no Jd. Bom Sucesso e Novo Wenzel (cenário de 2010).

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



As formas relacionadas ao modelado antrópico compreendem as alterações geomorfológicas executadas pelas rupturas topográficas antrópicas, com cortes e aterros para instalação do sistema viário e ferroviário, e as modificações dos canais fluviais com retificação e aterro da drenagem em área urbana.

As rupturas antrópicas executadas para a passagem da ferrovia que atravessa a área de estudo, provoca alterações nas vertentes com cortes nas formas convexas e aterros nas formas côncavas e nos fundos de vale, sendo necessário canalizar trechos da drenagem que se encontra sob a ferrovia. Essa canalização promove um estrangulamento do escoamento fluvial, que depois de passar pela tubulação, é lançado novamente no curso natural, aumentando a erosão fluvial dessas drenagens.

A comparação das feições geomorfológicas mapeadas nos dois cenários (Tabela 1) indica um aumento dos canais fluviais retificados e canalizados, e também das nascentes aterradas, demonstrando que conforme a urbanização avança e se torna mais densa produz transformações hidrográficas mais intensas para atender aos critérios adotados no padrão de urbanização, o qual por vezes desconsidera as características naturais dessas drenagens.

Dentre as modificações dos canais fluviais merecem atenção a retificação e a canalização do Córrego da Servidão, realizadas, segundo a Prefeitura Municipal, para diminuir os episódios de enchentes recorrentes. Esse córrego é um afluente do rio Corumbataí, que nasce na área urbana da cidade de Rio Claro e teve seu canal praticamente todo modificado, em função das obras de engenharia realizadas para construção dos equipamentos urbanos.

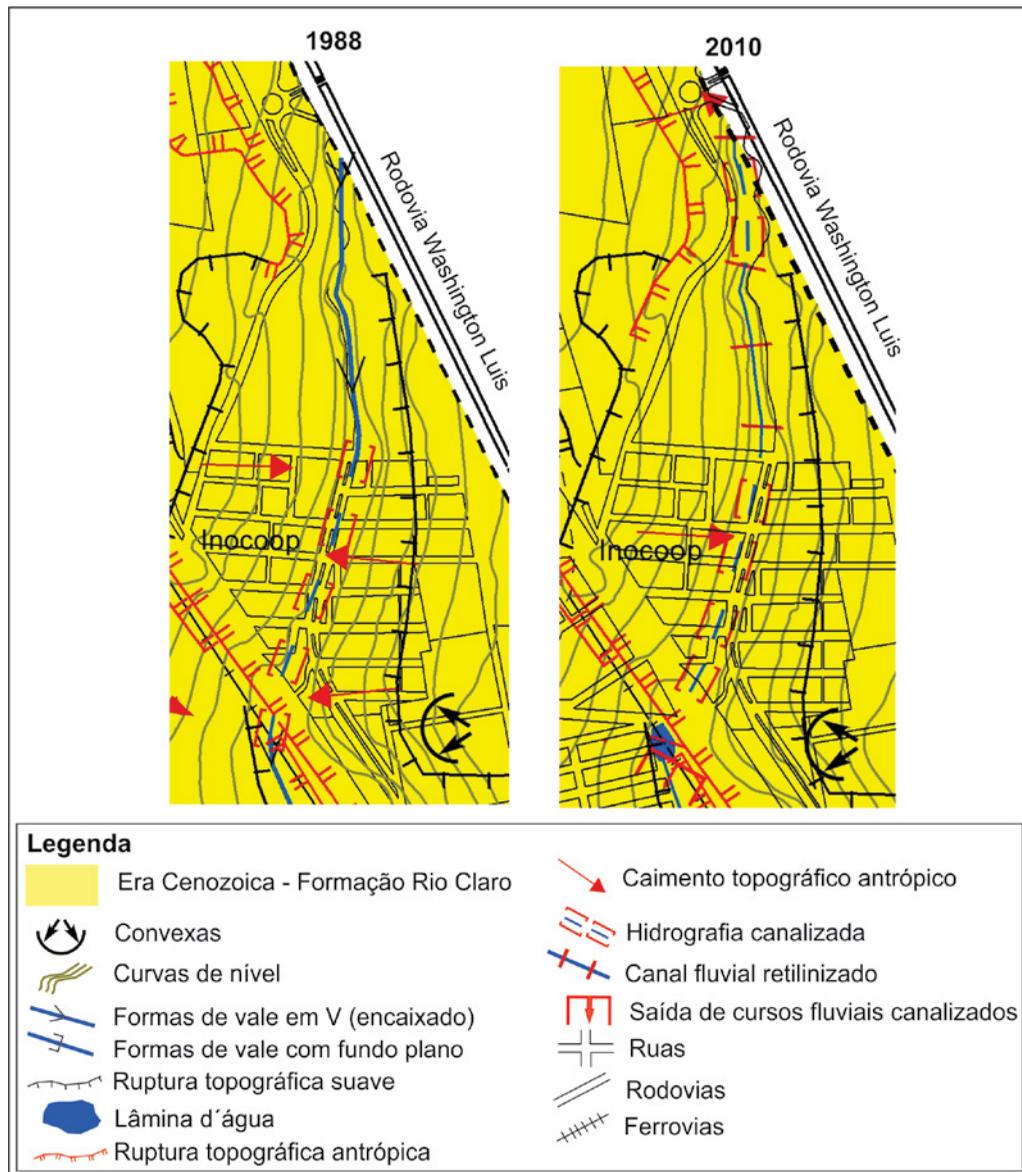
No setor oeste da cidade, esse córrego sofre modificações de retificação para dar passagem à Avenida Tancredo Neves, e depois passa a ser canalizado, debaixo dessa avenida (Figura 5). As alterações provocadas pela urbanização, como a impermeabilização do solo e a alteração do escoamento pluvial original, promovidas pela instalação de equipamentos urbanos na bacia do Córrego da Servidão, potencializaram as inundações.

No final do trecho canalizado do Córrego da Servidão é possível observar os efeitos dessa obra nesse sistema fluvial (Figura 5). Em um primeiro momento, na saída da canalização forma-se um bolsão de dispersão de sedimentos e resíduos sólidos carregados pelo córrego; na sequência, existe outra tubulação por onde a drenagem passa por baixo da ferrovia.

Outro problema que envolve o Córrego da Servidão é a ocupação de suas margens pela urbanização, que vem se intensificando ao longo das décadas com novos loteamentos. Os arruamentos desses loteamentos são construídos no sentido do declive do terreno, sem qualquer contenção do escoamento das águas pluviais.

Figura 5: Trecho utilizado e canalizado do Córrego da Servidão (cenário de 2010).

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



Considerações finais

A análise das cartas geomorfológicas de detalhe (1:10.000) dos cenários de 1988 e 2010 permitiram a identificação das formas do relevo e, a avaliação conjunta desses produtos cartográficos, permitiu a interpretação da morfodinâmica derivada da ação antrópica ao longo desse período. Assim, considera-se que a análise comparativa entre cenários demonstra ser uma ferramenta útil para a compreensão do grau das alterações das feições geomorfológicas provocadas pela urbanização e para o reconhecimento da origem das alterações derivadas de tal atuação.

A ação antrópica vinculada à urbanização alterou a paisagem e os processos naturais do setor oeste da cidade de Rio Claro, criando feições antropogênicas no relevo o que, conseqüentemente, modificou a dinâmica dos processos atuantes sobre esse sistema. Pode-se dizer que a ocupação urbana, como em outros casos de cidades brasileiras, ocorreu sem considerar as características físicas do terreno, tendo como consequência profundas alterações na morfodinâmica. São comuns casos onde os arruamentos, por exemplo, não seguem o traçado das curvas de nível, e, assim como muitas cidades, Rio Claro não dispõe de um plano eficiente de drenagem urbana.

A ação antrópica sobre o relevo modifica os processos morfodinâmicos, que se realizam não mais no tempo da natureza, mas são agora submetidos ao tempo do homem. Assim, reforça-se a ideia de que o homem atua como um agente geomorfológico capaz de modificar os fluxos de matéria e energia da superfície terrestre em um curto intervalo de tempo.

Agradecimentos Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Rio Claro.

Referências

BANCO MUNDIAL. Dados de população urbana mundial nos anos de 2000 e 2015. Disponível em: <<http://wdi.worldbank.org/table/2.1>>. Acesso em: 13 de março de 2016.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1994.

CUNHA, C. M. L.; MORUZZI, R. B.; BRAGA, R. Diagnóstico dos elementos de drenagem da área urbana de Rio Claro – SP: Subsídios para o Plano Diretor. **Revista de Estudos Ambientais (Online)**. V. 11, n. 2, p. 88-100, 2009. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/viewFile/1551/1201>>. Acesso em 17 de maio de 2016.

GOUDIE, A. Anthropogeomorphology. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. Volume 1. Londres e Nova York: Routledge, 2004. p. 25-28.

GUPTA, A; AHMAD, R. Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage. **Geomorphology**. n. 31, p. 133-149, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Séries históricas e estatísticas. [2016]. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=CD91&t=populacao-situacao-domicilio-populacao-presente-residente>>. Acesso em: 20 maio de 2016.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L.. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos. Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. In: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais...** Recife, p. 1-13, 2010.

PENTEADO - ORELLANA, M. M. Estudo geomorfológico do sitio urbano de Rio Claro-SP. **Notícia geomorfológica**, Campinas, ano 21, n. 42, p. 23-56, 1981.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do desenvolvimento Humano 2015. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/hdr/arquivos/RDHglobais/hdr2015_ptBR.pdf> Acesso em: 16 de maio de 2016.

- RIO CLARO. Lei Municipal n. 082/13. **Lei Complementar**. Rio Claro, SP, 25 set. 2013. Rio Claro, 2013. Disponível em: <http://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/pd_2013/4-LEI-COMPLEMENTAR-N082.pdf>. Acessado em 08 maio de 2015.
- RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 17, p. 101-111, dez. 2005.
- SILVEIRA, A. **Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.
- SOUZA, T. A.; OLIVEIRA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**. Manaus, Edição Especial, n. 4, v. 2, p. 1348-1355, jun. 2012.
- TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
- TUCCI, C. Controle de enchentes. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Editora UFRGS. Orgs: Tucci, C, Silveira, A, et al 4ª edição. Porto Alegre, 2009.
- VERSTAPEN, H.T; ZUIDAM, R. A. van. **System of geomorphological survey**. Netherlands, Manuel ITC Textbook, vol. VII. 1975.
- ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na folha Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado Geociências e Geologia Regional). IGCE. UNESP. Rio Claro, 1994.
- ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Tese (Doutorado Geociências e Meio Ambiente). IGCE. UNESP. Rio Claro, 2000.

6

Contribuições da cartografia geomorfológica de detalhe para o planejamento urbano

Alan Silveira; Cenira Maria Lupinacci

Introdução

A ciência que estuda as formas de relevo tem como um de seus recursos técnicos para sua aplicabilidade a representação cartográfica de seu objeto de estudo. Em seu universo de pesquisa, a Geomorfologia tem na cartografia geomorfológica um instrumento de análise que objetiva contribuir com o planejamento territorial e ambiental.

Para Griffiths e Abraham (2008), os mapas geomorfológicos têm especial importância para os estudos de planejamento ambiental, pois permitem compreender a distribuição espacial dos processos atuais e pretéritos que são responsáveis pelas formas de relevo das paisagens contemporâneas. Já Bocco, Mendoza e Velázquez (2001) destacam a importância da cartografia geomorfológica para países em desenvolvimento ao apresentar proposta de mapeamento do relevo para a região centro-oeste mexicana. Os autores afirmam que mapeamentos em escala de reconhecimento são importantes para orientar a avaliação e planejamento dos territórios.

Na perspectiva da contribuição da Geomorfologia para a interpretação das ações antrópicas, Cooke (1976) argumenta que os trabalhos vinculados à Geomorfologia Urbana podem contribuir de duas maneiras para a gestão e desenvolvimento dos espaços urbanizados: em primeiro lugar, podem ajudar na avaliação dos recursos e adequação das terras para o uso urbano; bem como podem monitorar os sistemas geomorfológicos (processo-resposta) e suas mudanças durante e após o desenvolvimento urbano, a fim de estabelecer um corpo teórico e empírico para a formulação de estratégias de gestão e de previsão de mudanças que possam surgir com o crescimento urbano (COOKE, 1976).

Ao considerar os efeitos dos impactos derivados do processo de urbanização, e dedicando-se à introdução de uma Geomorfologia Antropogênica, Nir (1983) propõe que a avaliação de tais impactos seja realizada a partir de uma perspectiva temporal, apontando a necessidade de se avaliar três momentos diferentes do processo de urbanização. Enfatiza a análise do processo de urbanização por meio da interpretação sucessiva de cenários de uso e ocupação, atribuídos aos períodos “suburbano” (transição entre o pré-urbano e o primeiro estágio urbano), de “construção do urbano” (transição entre o primeiro estágio urbano e o estágio médio urbano) e de “desenvolvimento do urbano” (a transição entre o estágio médio urbano e o estágio tardio urbano) (NIR, 1983).

No plano nacional, Ab`Sáber (1957) manifestou suas preocupações com o ambiente urbano desde sua tese de doutoramento, intitulada *Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo*. Ainda, do ponto de vista teórico-metodológico, trouxe a temática das interferências antrópicas no meio físico, por meio da “fisiologia da paisagem”, referendada no clássico artigo Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário (AB`SÁBER, 1969).

No processo de desenvolvimento da cartografia geomorfológica brasileira, Ross (1990, 1992 e 2001), fundamentado na metodologia do Projeto RadamBrasil, apresentou uma proposta de mapeamento geomorfológico baseado em níveis taxonômicos. Entre os seis níveis taxonômicos propostos, os de maior detalhe, referentes aos 5º e 6º taxons, abordam respectivamente os setores de vertentes que pertencem a cada uma das formas individualizadas do relevo e às formas menores, produzidas pelos processos erosivos ou deposicionais atuais. Tais táxons somente podem ser representados cartograficamente em trabalhos de escalas de detalhe (1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000), as quais favorecem a interpretação dos fenômenos geomorfológicos associados ao ambiente urbano consolidado ou em processo de urbanização.

Assim, considerando a magnitude de sua intervenção, a ação antrópica tornou-se uma variável relevante para as pesquisas geomorfológicas, visto que é sobre as formas de relevo que a sociedade organiza seus espaços. Uma de suas marcantes organizações, as cidades, correspondem atualmente ao ambiente onde vive mais da metade da população mundial, a partir de um modo de vida urbano-industrial de considerável desenvolvimento científico e tecnológico. No caso brasileiro, que apresentou no século XX notável processo de urbanização, 84% da população reside nesse espaço (IBGE, 2010).

Diante dessa aproximação e interesse da Geomorfologia para as questões relacionadas à ação antrópica, com destaque à investigação dos espaços de ocupação urbana e com base no referencial bibliográfico até o momento apresentado, desta-

cam-se algumas considerações relevantes que subsidiaram as orientações teórico-metodológicas deste trabalho:

- as investigações de caráter geomorfológico podem contribuir para a gestão e desenvolvimento dos espaços urbanizados. Destacam-se a avaliação dos recursos e adequação das terras para o uso urbano e o monitoramento dos sistemas geomorfológicos e suas mudanças durante e após o desenvolvimento urbano (COOKE, 1976);
- a análise do processo de urbanização por meio da interpretação de cenários de uso e ocupação, atribuídos aos períodos “suburbano”, de “construção do urbano” e de “desenvolvimento do urbano” (NIR, 1983), possibilita a investigação das características do quadro físico-natural, bem como de sua relação com as sucessivas intervenções antrópicas;
- a importância da cartografia geomorfológica para os países em desenvolvimento – como o Brasil – com destaque a escala de reconhecimento para orientar a avaliação e planejamento (BOCCO, MENDOZA E VELÁZQUEZ, 2001). Para o ambiente urbano, a relevância de mapeamentos de escalas de detalhe;
- em virtude da marcante urbanização brasileira ocorrida no século XX, o avanço das preocupações da comunidade científica nacional com os temas relacionados à urbanização, como exemplifica os trabalhos de Ab`Sáber (1957 e 1969), tem permitido avanços e colaborações da Geomorfologia para o planejamento das cidades;
- as feições classificadas como 5ª e 6ª táxons (ROSS 1990, 1992 e 2001), representados cartograficamente em escalas de detalhe, permitem a identificação da morfografia das áreas de topos, vertentes e fundos de vale, bem como as formas pontuais produzidas pelos processos erosivos ou deposicionais;
- a representação cartográfica do relevo pode fornecer dados sobre as condições locais para ocupação ou, ainda, em caso de ocupação já efetiva, pode auxiliar na identificação de áreas potencialmente problemáticas no futuro (GRIFFITS; ABRAHAM, 2008).

Parte-se, portanto, da premissa de que a cartografia geomorfológica, como instrumento da pesquisa em Geomorfologia, pode contribuir para a compreensão da distribuição espacial das formas de relevo, as quais se transformam ao longo do tempo; e a partir destas inferir os processos que regulam essa dinâmica evolutiva. Essa perspectiva possibilita colaborar com a identificação das áreas mais frágeis ao processo de ocupação antrópica (frente ao quadro natural), bem como das áreas frágeis derivadas das interferências sucessivas da ocupação humana.

Dessa forma, pode colaborar para o apontamento de áreas com restrições ao uso e ocupação humana, subsidiando as ações de planejamento. Para esse trabalho, valoriza-se o papel da cartografia geomorfológica em sua contribuição para a identificação de áreas com restrições ao uso urbano, com destaque às feições denudativas, às feições acumulativas e às feições do modelado antrópico, tendo em vista a escala de detalhe para os mapeamentos propostos.

Assim, os procedimentos metodológicos deste trabalho estiveram subsidiados por técnicas vinculadas à cartografia geomorfológica, as quais foram aplicadas para a bacia hidrográfica do Córrego das Ondas, que é palco do processo de expansão urbana do setor noroeste do sítio de Piracicaba (SP), cidade média do interior paulista (Figura 1).

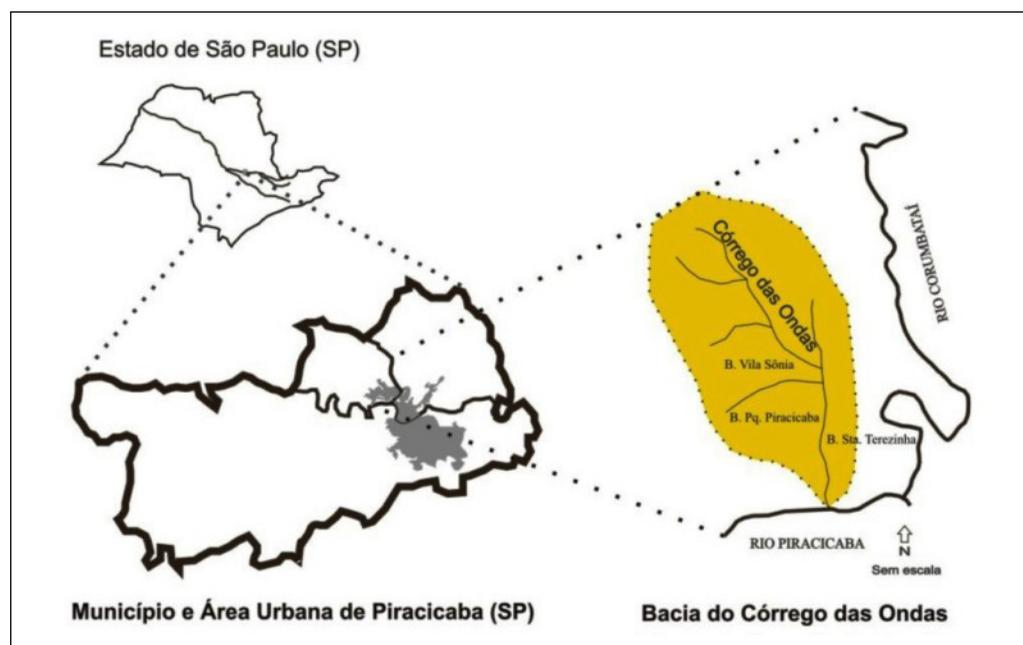


Figura 1: Área de aplicação da proposta de mapeamento.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

Seu crescimento no sentido noroeste está associado ao desenvolvimento do distrito de Santa Terezinha, que atualmente está inteiramente integrado ao núcleo urbano de Piracicaba. De acordo com o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), o distrito conta com 49.298 habitantes, distribuídos nos bairros Santa Terezinha, Vila Sônia e Parque Piracicaba.

Estabelecida entre as latitudes 22°38'30" e 22°41'30" S e as longitudes 47°41'15" e 47°43'30" W, a bacia do Córrego das Ondas é paralela ao rio Corumbataí e afluente da margem direita do rio Piracicaba. Do ponto de vista geomorfológico, a bacia está estabelecida na Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista – na Zona do Médio Tietê, embutida na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná

(ROSS; MOROZ, 1997). De acordo com Barbin (2003), o crescimento do Distrito de Santa Terezinha se deu a partir de 1960, com intensificação nos períodos de 1970 a 1984, quando surgiram inúmeros loteamentos espalhados, assim como dezenas de núcleos habitacionais.

Com base nas datas mencionadas frente ao processo de urbanização, foram definidos os períodos de interesse que permitissem a interpretação dos períodos “pré-urbano”, “construção do urbano” e de “desenvolvimento do urbano” (NIR, 1983). Dessa forma, por meio da cartografia geomorfológica e considerando os períodos (cenários) frente ao processo de urbanização da bacia eleita para pesquisa, o trabalho teve o objetivo de apontar as áreas com restrições ao uso urbano. Os procedimentos para a identificação dessas áreas estão descritos no item a seguir.

Procedimentos metodológicos e técnicas de mapeamento

Conforme mencionado anteriormente, o trabalho pretende, por meio de técnicas vinculadas à cartografia geomorfológica, contribuir para a identificação das áreas mais frágeis ao processo de ocupação urbana (frente ao quadro natural), bem como das áreas frágeis derivadas das interferências sucessivas da ocupação humana.

Para isso, com base nas datas mencionadas frente ao processo de urbanização da área eleita para pesquisa, no caso o setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba, foram definidos os períodos de interesse para a busca de fotografias aéreas que subsidiassem a interpretação dos períodos “pré-urbano”, “construção do urbano” e de “desenvolvimento do urbano” (NIR, 1983). Dessa forma, obtiveram-se fotografias aéreas dos anos de 1962, 1978 e 2005, respectivamente, nas escalas aproximadas 1:25.000, 1:35.000 e 1:25.000. Esclarece-se que os mapeamentos realizados com as fotografias aéreas de 2005 foram reambulados em campo e atualizados no ano de 2012.

A partir do material aerofotogramétrico adquirido, foram organizados, para os diferentes cenários, sucessivos mapeamentos geomorfológicos seguindo os procedimentos técnicos sugeridos por Tricart (1965), que adota como fonte de dados pares estereoscópicos de fotografias aéreas. Dessa maneira, tais fotos foram interpretadas mediante a utilização dos estereoscópios de bolso. Além das fotografias aéreas anteriormente mencionadas, também se fez uso da Base Cartográfica, na escala 1:10.000, construída a partir de Cartas Topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979), folhas Córrego da Ondas (070/088), Santa Terezinha do Piracicaba (071/088) e Piracicaba V (071/089).

Tricart (1965) destaca que as cartas geomorfológicas de detalhe devem contemplar quatro tipos de informações, sendo estas referentes à morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia. Para este trabalho, foram cartografados os dados referentes à morfografia e à morfogênese. A cronologia foi avaliada somente em termos

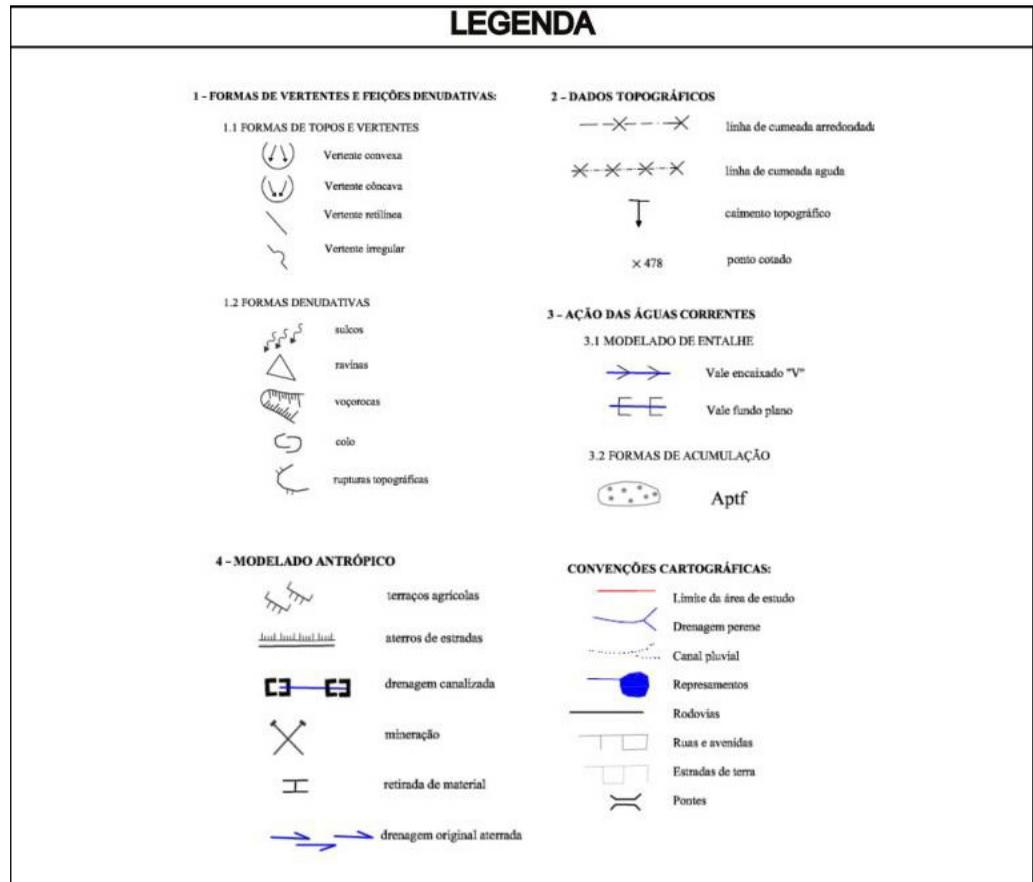
relativos, considerando a dificuldade de obtenção destes dados. Já os condicionantes morfométricos foram adquiridos por meio de documentos morfométricos específicos, os quais não estão apresentados nesta oportunidade.

No entanto, os dados adquiridos por meio destes documentos específicos, auxiliaram na interpretação do quadro físico analítico, assim como as características dos materiais inconsolidados, que, associados aos dados morfométricos, compuseram classes de fragilidade do meio físico, que também contribuíram para a identificação de áreas com restrições ao uso urbano. Os dados de fragilidade física utilizados na análise foram elaborados por Silveira (2013) e validam questões apontadas pelos mapeamentos geomorfológicos. Reforça-se que para este trabalho valorizaram-se os dados adquiridos por meio dos mapeamentos geomorfológicos, sobretudo aqueles observados em escala de detalhe como as feições denudativas, as feições acumulativas e as feições do modelado antrópico. São essas feições, ou melhor, a análise dessas feições por meio dos cenários mapeados (1962, 1978 e 2012), que possibilitaram a identificação de áreas com restrições ao uso urbano.

A definição da simbologia também foi apoiada em Tricart (1965), que apresenta uma ampla concepção de símbolos, tanto para as feições naturais quanto para as antrópicas. No entanto, esta proposta não contempla símbolos para as formas de vertentes, sendo necessário adaptar simbologias para a identificação das vertentes em função da importância dessas na interpretação do quadro geomorfológico de detalhe mapeado. Para essas feições, adotaram-se as simbologias de Verstappen e Zuidam (1975).

Foram identificadas mediante fotointerpretação: vertentes côncavas, vertentes convexas, vertentes retilíneas e vertentes irregulares, sulcos erosivos, ravinamentos, voçorocamentos, colos, linha de cumeada arredondada, linha de cumeada aguda, caimento topográfico, vales em "V", vales em fundo plano, rupturas topográficas, áreas de planícies e terraços fluviais (APTF), terraços agrícolas, cortes de estradas, aterros de estradas, drenagem canalizada, cava de mineração, retirada de material, drenagem original aterrada, drenagem pluvial, entre outros. A Figura 2 registra a legenda organizada para os mapeamentos geomorfológicos. Tal legenda será útil para a interpretação dos resultados e discussão.

Figura 2:
 Legenda das cartas
 geomorfológicas.
 Fonte: Organizado e
 elaborado pelo autor



Resultados e discussões

A partir da análise conjunta das cartas geomorfológicas organizadas para os cenários de 1962, 1978 e 2012, foram apontadas as áreas com restrições ao uso urbano para a bacia do Córrego das Ondas, valorizando, sobretudo, as feições denudativas, as feições acumulativas e as feições do modelado antrópico. Tais áreas estão associadas aos seguintes parâmetros apontados na legenda da figura 3: presença de sulcos e ravinamentos pretéritos e/ou atuais (em área de fragilidade fraca a média, SILVEIRA, 2013) (1); presença de mineração pretérita e/ou atual (2); presença de canalização e desvio de drenagem (3); presença de sulcos e ravinamentos pretéritos e/ou atuais (em área de fragilidade forte e muito forte, SILVEIRA, 2013) (4); presença de voçorocamentos pretéritos (5); presença atual de depósitos ou retiradas de materiais (6); e áreas de acumulação fluvial (7).

Na sequência serão exemplificadas sete situações que retratam a composição desses parâmetros definidores das áreas restritivas, as quais estão destacadas em quadrantes verdes na Figura 3. O primeiro caso (Figura 4) corresponde a um setor

de eminente urbanização, muito próximo à borda urbana. Muito embora essa área seja caracterizada por fragilidade do relevo fraca a média, em virtude de apresentar materiais inconsolidados espessos e dados morfométricos com valores reduzidos a intermediários (relativos à dissecação horizontal, dissecação vertical e declividade), observa-se para os sucessivos cenários um acúmulo significativo de sulcos erosivos e ravinamentos. Como se pode observar na Figura 4, os círculos verdes registram a intensidade e a mobilidade dessas feições erosivas lineares nos diferentes cenários (1962, 1978 e 2012), as quais estão associadas a uma marcante atuação da monocultura canvieira, que revolve e expõe, em ciclos de safra e entressafra, os materiais de superfície.

Outro exemplo corresponde a uma área disposta no extremo norte da alta bacia, a qual se comporta como fornecedora de materiais de construção (brita), derivada da exploração do corpo intrusivo de diabásio, conforme registra a Figura 5 no cenário de 2012 (círculo verde). Dado ao impacto da retirada de material e consequente formação de cava, trata-se também de uma área restrita à urbanização.

Figura 3: Áreas com restrições ao uso urbano com base nos parâmetros 1 a 7.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

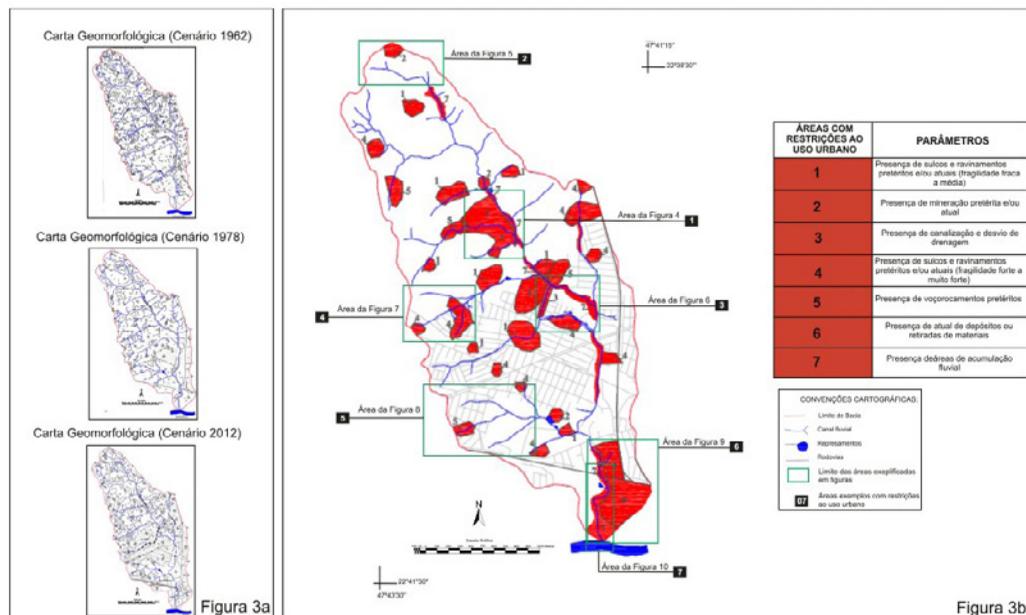
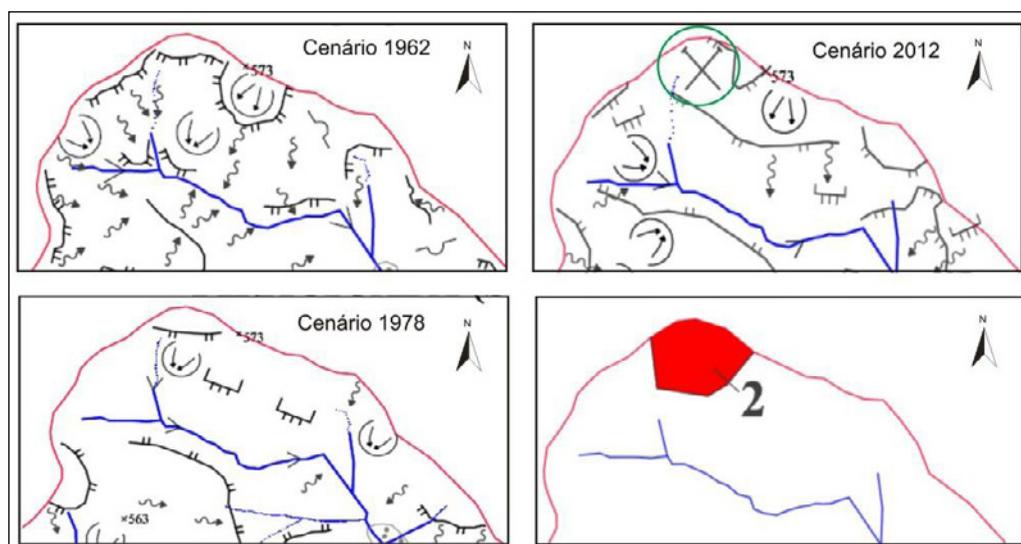
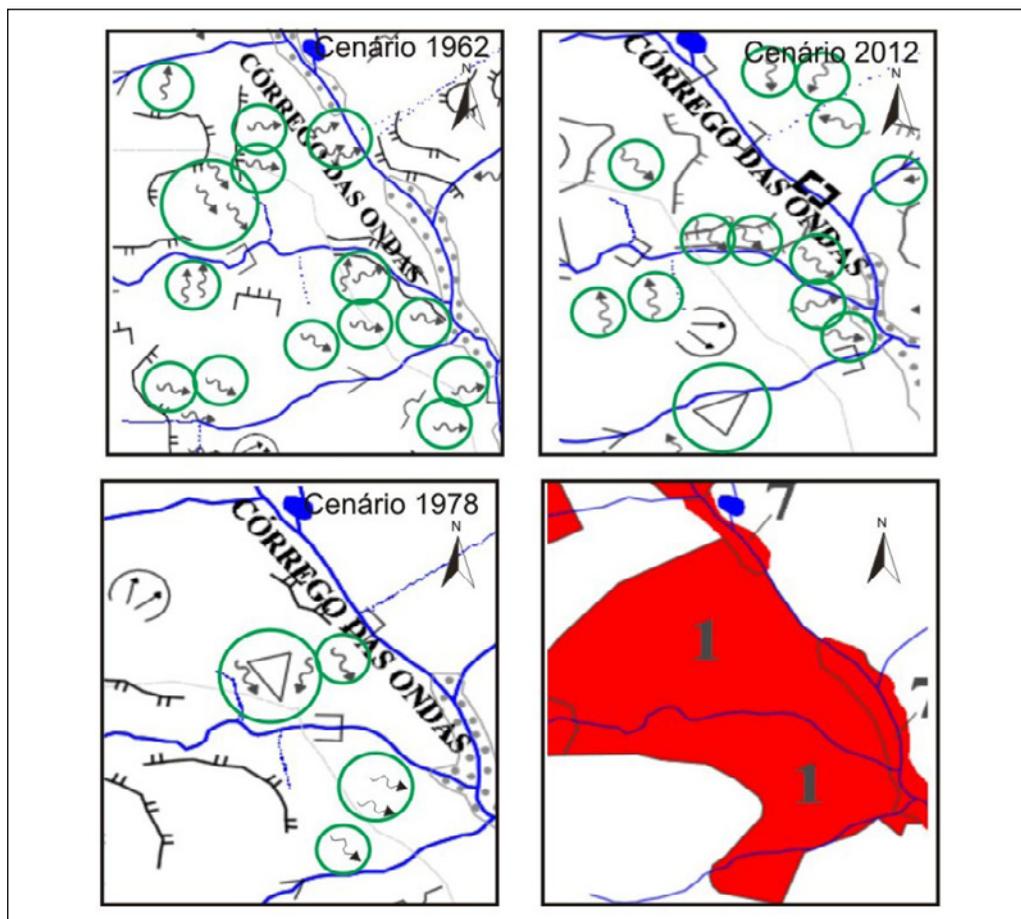


Figura 4: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 1. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



Uma das práticas antrópicas recorrentes da urbanização consiste na canalização dos cursos fluviais. A Figura 6 apresenta um setor da média bacia que sofreu desvio e canalização do canal fluvial natural (elipses verdes no cenário 2012). O setor do curso desviado foi mapeado com restrição por se entender que essa obra de engenharia urbana foi realizada no período de “construção do urbano”, haja vista as intensas formas erosivas registradas na carta geomorfológica (cenário 1978) a poucos metros a montante do desvio antrópico do canal. Considera-se que esta área está sujeita a processos erosivos de subsuperfície, considerando a compactação de materiais tecnogênicos.

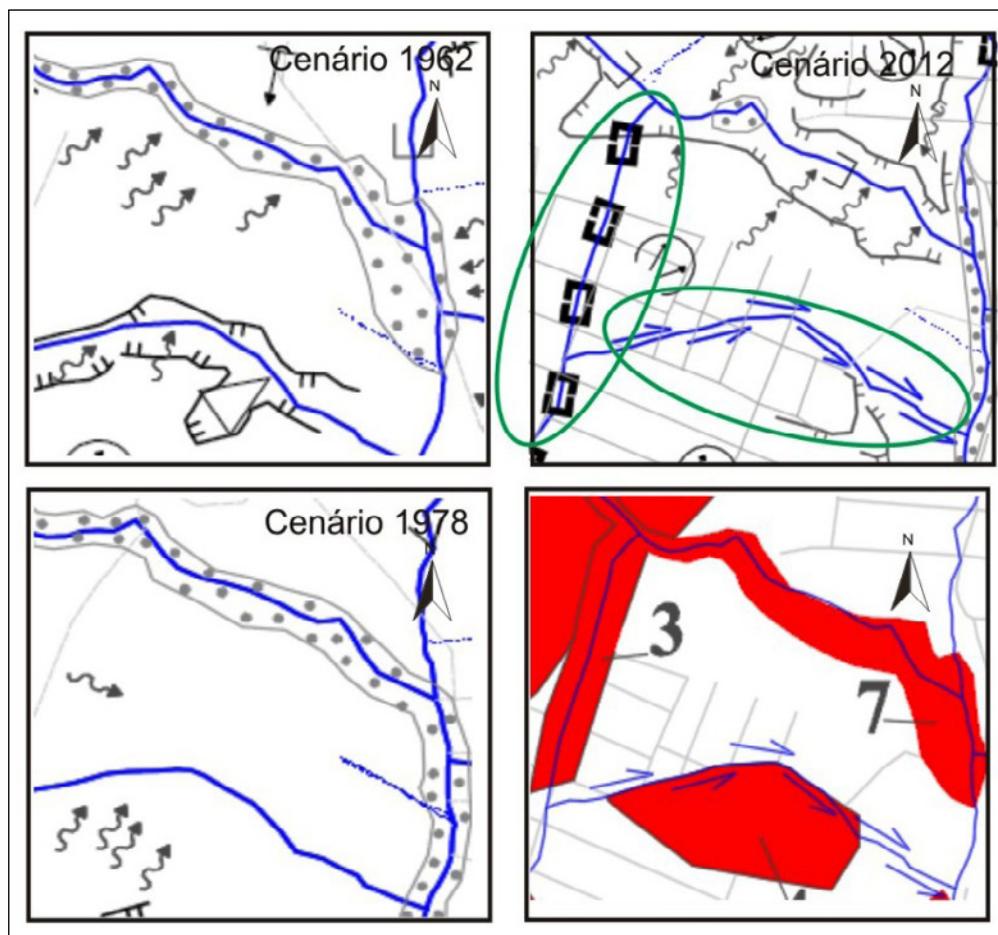


Figura 6: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 3. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

Destaca-se que as formas erosivas registradas nos cenários mapeados nas cartas geomorfológicas (1962, 1978 e 2005) foram condicionantes importantes na definição de diferentes áreas com restrições. Justifica-se essa conduta por considerar

que as formas erosivas, mesmo que sejam pretéritas, atuam como zonas de alta fragilidade, suscetíveis às retomadas erosivas.

Assim, as áreas ilustradas nas Figuras 7 e 8 exemplificam contextos de fragilidade do meio físico com classes de fragilidade física (SILVEIRA, 2013) elevadas (devido às características dos materiais inconsolidados e do potencial morfométrico) que sofreram e vêm sofrendo uma intensa dinâmica de uso e ocupação associada, em um primeiro momento, à cana-de-açúcar e, sequencialmente, à intervenção urbana. Nessas áreas, foram conferidas elevadas quantidades de feições erosivas, bem como retomadas erosivas em pretéritos voçorocamentos, reforçando a decisão de pontuá-las como áreas que não devem ser ocupadas.

Na Figura 7 observa-se uma intensidade e mobilidade de sulcos erosivos e ravinamentos (círculos verdes), ao passo que a figura 8 registra sequencialmente um voçorocamento no cenário de 1962, sulcos erosivos em 1978 e canalização fluvial em 2012 (círculos verdes). Em posição circundante e margeando as tubulações da drenagem canalizada, foram observadas, inclusive in loco, retomadas erosivas, como ilustra a Figura 9.

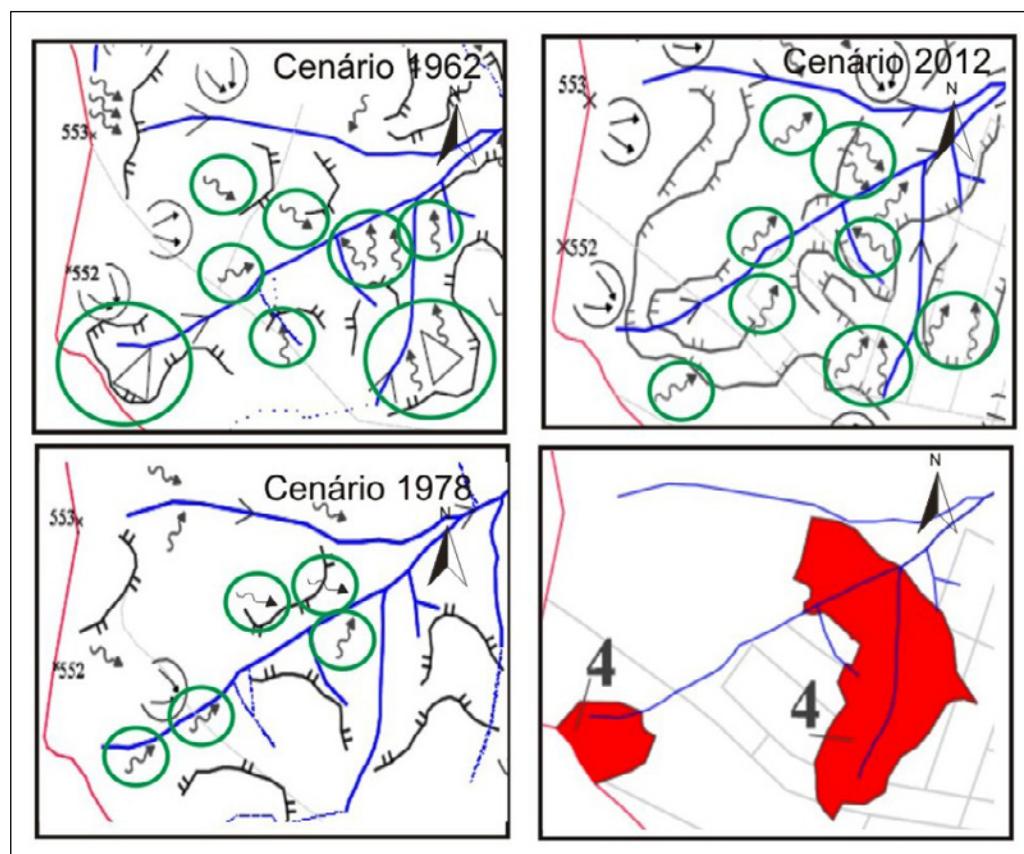
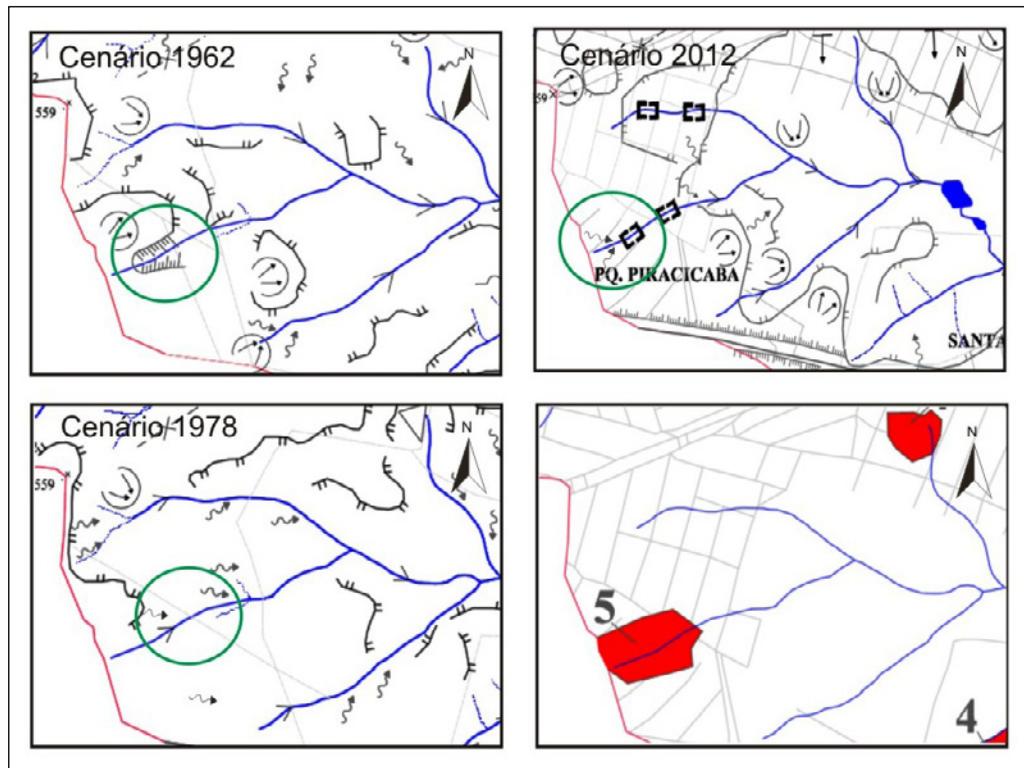


Figura 7: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 4. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

Figura 8: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 5. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



Destaque também é dado à área mapeada com restrição posicionada na baixa bacia leste em setor de intensa dinâmica de depósito e compactação de materiais (figura 9). Enquanto parte da área ao norte da rodovia SP 304 tem acúmulo de materiais com soterramento de uma nascente pertencente à vertente da margem esquerda do córrego das Ondas, a área ao sul da rodovia citada tem retirada de materiais (círculos verdes). Nestes termos, nitidamente, seja as porções de retirada ou de acúmulo de materiais, não devem ser destinadas à urbanização.

Por fim, destacam-se os setores de acumulação fluvial (planícies e terraços, Aptf), também indicadas com severas restrições. Tais áreas apresentam uma dinâmica intensa de entradas e saídas de materiais, relacionadas diretamente com o comportamento dos setores de topos, vertentes e margens fluviais. Ou seja, perante um comportamento sistêmico, interdependem dos materiais existentes nesses setores, associados ao potencial morfométrico e à dinâmica de uso e ocupação da terra, bem como do comportamento hidrológico. A figura 10 ilustra uma área de Aptf posicionada na baixa bacia que fora indicada com restrição à ocupação urbana.

Figura 9: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 6. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor

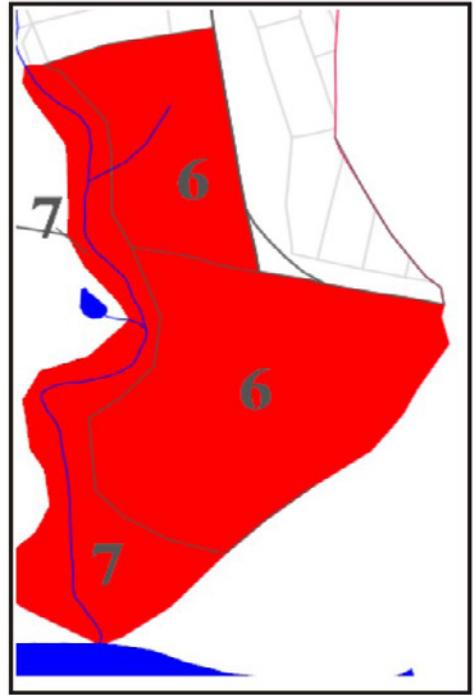
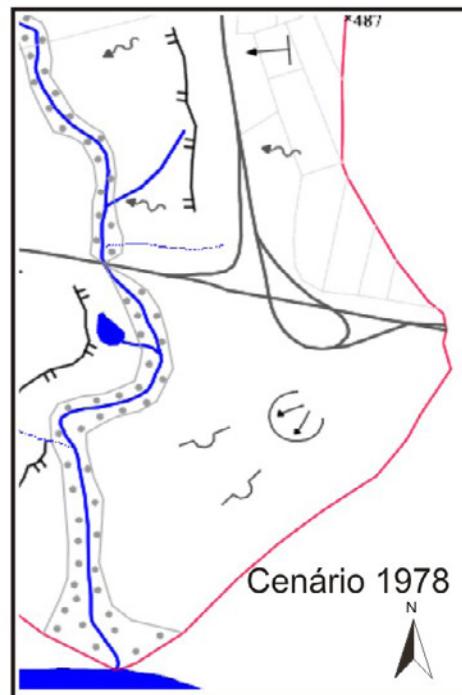
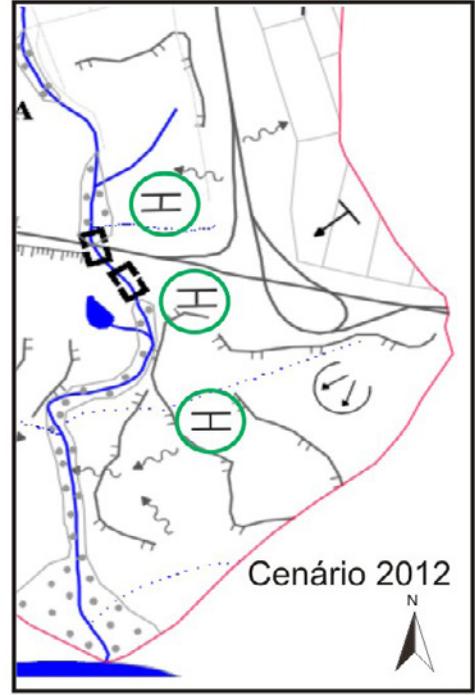
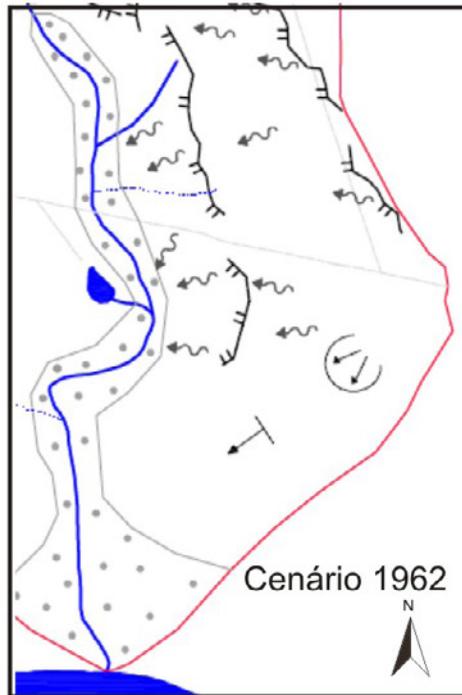
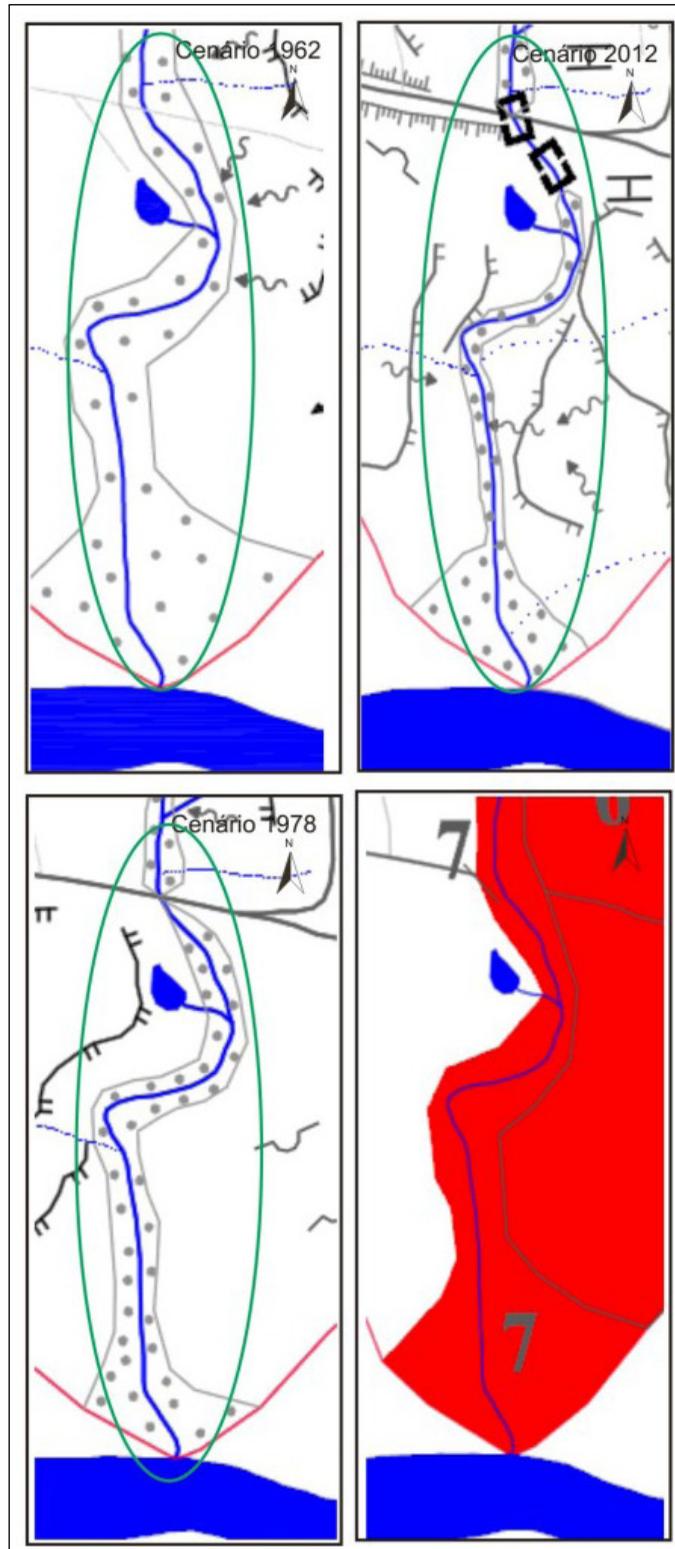


Figura10: Exemplo de área de restrição ao uso urbano – parâmetro 7. A legenda dos mapeamentos geomorfológicos encontra-se na Figura 2.

Fonte: Organizado e elaborado pelo autor



Considerações finais

A partir das técnicas da cartografia geomorfológica, com a análise de sucessivos cenários vinculados aos períodos “pré-urbano”, “construção do urbano” e de “desenvolvimento do urbano” (NIR, 1983), foram identificados sete parâmetros definidores de restrições ao uso urbano para a bacia do córrego das Ondas.

Tais parâmetros definidores foram exemplificados e corroboram a perspectiva de que a representação cartográfica do relevo pode fornecer dados sobre as condições locais para ocupação urbana, bem como, em áreas de ocupação já consolidada, pode auxiliar na projeção de áreas potencialmente problemáticas no futuro. Assim, os mapeamentos geomorfológicos em escala de detalhe, quando trabalhados em uma perspectiva temporal (cenários), podem contribuir para o planejamento urbano.

Referências

AB`SÁBER, A.N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Boletim do Instituto de Geografia (USP). Tese de Doutorado (FFLCH-USP), 1957.

_____. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo, **Geomorfologia**, n. 18, p.1-23, 1969.

BARBIN, H.S. **Histórico de Evolução do Uso do Solo e Estudo dos Espaços Livres Públicos de uma Região do Município de Piracicaba, SP**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), USP, Piracicaba, 2003.

BOCCO, G.; MENDOZA, M. VELÁZQUEZ, A. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. **Geomorphology**, n.39, p. 211-219, 2001.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas**. Piracicaba, 1962. Escala: 1: 25.000.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas**. Piracicaba, 1978. Escala: 1: 35.000.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas**. Piracicaba, 2005. Escala: 1: 25.000.

COOKE, R. U. Physical Problems of the Urban Environment. **The Geographical Journal**, v. 142, n. 1, pp. 59-65, 1976. Disponível em <<http://www.jstor.org/discover/>>. Acesso: 06 de maio de 2012.

GRIFFITHS, J. S.; ABRAHAM, J. K. Factors affecting the use of applied geomorphology maps to communicate with different end-user. **Journal of maps**, p. 201-210, 2008.

HAFF, P.K. Neogeomorphology, Prediction and the Anthropic Landscape. **Division of Earth and Ocean Science**. Durham, NC 27708, 2001.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso: 10 de abril de 2013.

NIR, D. **Man, a Geomorphological Agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p.17-30, 1992.

. **Geomorfologia e Geografia Aplicadas a Gestão Territorial**: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental. 2001. 322f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2001.

ROSS, J.L.S; MOROS, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH – USP/ IPT/ FAPESP, 1997.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Córrego das Ondas (070/088)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979a.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Santa Terezinha do Piracicaba (071/088)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979b.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Piracicaba V (071/089)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979c.

SILVEIRA, A. **Proposta metodológica para avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia – Organização do Espaço) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2013.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie, 1965.

VERSTAPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

PARTE 3



*Aplicações em
áreas litorâneas*

7 A cartografia geomorfológica de detalhe aplicada ao município de Ilha Comprida (SP)

Tissiana de Almeida de Souza; Regina Célia de Oliveira

Introdução

As formas de relevo aparentemente encontram-se em estado estático. Entretanto, estas feições são dinâmicas e evoluem através da interação entre componentes naturais da paisagem (ROSS, 2003). Com relação às formas de relevo típicas das zonas litorâneas, origem e evolução ocorrem a partir da ação conjunta de três grandes sistemas naturais - a superfície terrestre, a atmosfera e o oceano - resultando em ambientes de extrema dinâmica (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

De acordo com Ab'Saber (2000), os níveis de complexidade nas áreas costeiras são variados, devido à heterogeneidade de fatores naturais atuantes que se combinam nas bordas continentais. Complementando tal ideia, o autor afirma que

[...] os litorais na sua aparente simplicidade paisagística e na sua dinâmica habitual exigem considerações similares ou até mais complexas do que os espaços interiores, já que eles envolvem sérias questões relacionadas com as variações do nível do mar, paleo-climas e história vegetacional (AB'SABER, 2000, p. 27).

Deve-se ressaltar que, além da relevância ambiental, as zonas costeiras são importantes para o processo de ocupação humana, já que concentram algumas das maiores cidades do mundo e diversas atividades, como transporte portuário, recreação, pesca, turismo, entre outros (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Muehe (1995) afirma que o litoral brasileiro é caracterizado pelo agrupamento populacional próximo às capitais estaduais, o que determina problemas localizados

espacialmente, os quais são fortemente divulgados pelos meios de comunicação. No entanto, deve-se ressaltar que áreas litorâneas pouco ocupadas e isoladas geograficamente podem apresentar as mesmas situações conflitantes observadas em grandes centros urbanos.

É nesse contexto que se insere o município de Ilha Comprida, localizado no litoral Sul do Estado de São Paulo, com 9.025 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010) distribuídos irregularmente por 192 km² (IBGE, 2010). A Figura 1 mostra a localização da área.

De acordo com a classificação geomorfológica proposta por Almeida (1974) para o Estado de São Paulo, a Ilha Comprida está situada no macrocompartimento da Província Costeira, na subzona de Baixadas Litorâneas. Ab'Saber (1985) afirma que a gênese da ilha foi o último grande evento responsável pela atual configuração da linha costeira do Estado de São Paulo. E para Giannini et al. (2009), o Morrete, único morro isolado da ilha, foi o ponto de ancoragem para a deposição dos materiais arenosos que deram origem à área de estudo.

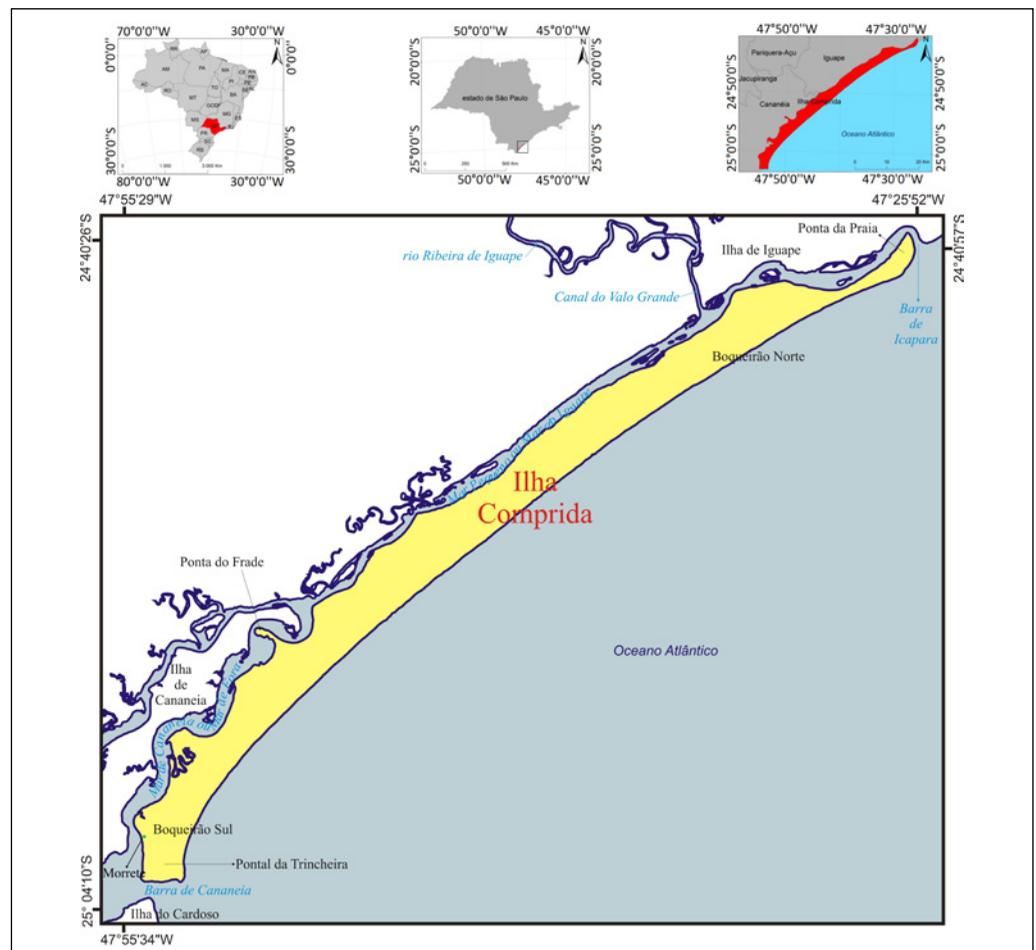


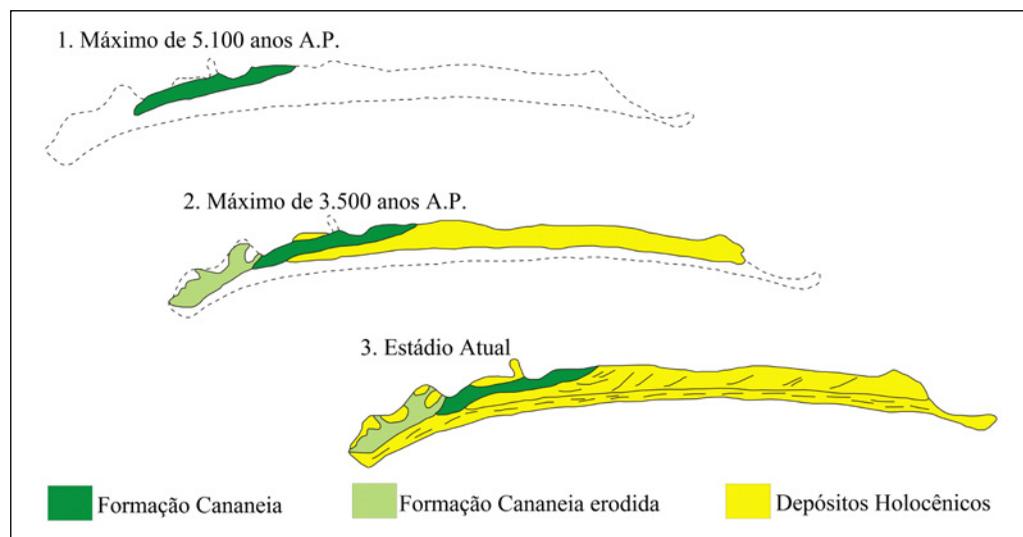
Figura 1: Localização da Ilha Comprida.

Fonte: Organização das autoras (2015)

Martin e Suguio (1978) descrevem que o início do desenvolvimento da ilha se deu quando materiais arenosos que compõem a Formação Cananeia foram depositados durante a Penúltima Transgressão (Transgressão Cananeia), ocorrida em 120.000 anos A. P. (Antes do Presente), no Pleistoceno. O processo evolutivo da Ilha Comprida, de acordo com Martin e Suguio (1978), está resumido na Figura 2:

Figura 2: Estádios da evolução da Ilha Comprida.

Fonte: Adaptado de Martin e Suguio (1978, p.912)



Oscilações do nível marinho durante a Transgressão Santos (Última Transgressão) erodiram e rebaixaram parte da Formação Cananeia. No máximo da Transgressão Santos, há cerca de 5.100 anos, o nível do mar esteve aproximadamente 3 metros acima do atual, constituindo uma “ilha primitiva” (MARTIN; SUGUIO, 1978) (Figura 2).

Seguiu-se um período regressivo, no qual se desenvolveram cordões litorâneos em direção ao Nordeste, resultando em crescimento longitudinal da ilha. Simultaneamente, cristas praias paralelas à linha de costa se formaram até a altura da atual zona urbana de Iguape (MARTIN; SUGUIO, 1978).

Há aproximadamente 3.500 anos, uma nova fase transgressiva foi responsável pela erosão parcial da primeira geração de cordões litorâneos (Figura 2). Um seguido abaixamento do nível do mar derivou na adição de novas cristas praias e na produção de uma segunda geração de cordões litorâneos (MARTIN; SUGUIO, 1978).

A descrição do processo evolutivo da Ilha Comprida mostra que esta é constituída em quase sua totalidade por depósitos sedimentares Quaternários. A exceção é o Morrete, composto por rochas alcalinas sieníticas do Maciço de Cananeia, com idade média de 83,6 milhões de anos associadas ao Cretáceo Superior (SPINELLI; GOMES, 2008). Neste morro isolado, a cobertura vegetal predominante é do tipo Mata Atlântica (SOUZA, 2014).

A margem lagunar é constituída por sedimentos de mangue e de pântano (areias e argilas) associados ao Holoceno Marinho e Lagunar (SUGUIO; MARTIN, 1978). As características litológicas influenciam na ocorrência de Gleissolos Tiomórficos (OLIVEIRA; DIAS, 2012) predominantemente cobertos por manguezais (SOUZA, 2014).

A margem oceânica abriga as praias de interesse turístico (SOUZA, 2014), compostas por areias marinhas litorâneas retrabalhadas em superfície pelo vento (SUGUIO; MARTIN, 1978), que resultaram em dunas frontais, nas quais se desenvolve vegetação pioneira sobre Neossolos Quartzarênicos (COELHO et al., 2010)

No interior da área de estudo, a vegetação de restinga (SOUZA, 2014) se desenvolve sobre Espodossolos Ferrocárbicos (OLIVEIRA et al., 1999) com origem em areias marinhas litorâneas (SUGUIO; MARTIN, 1978).

As planícies fluviais na parte interna da ilha, constituídas por areias marinhas litorâneas (SUGUIO; MARTIN, 1978), têm como particularidade a ocorrência de vegetação típica de áreas com presença constante de água (SOUZA, 2014).

Guedes (2009) apontou a urgente necessidade da realização de um estudo geomorfológico sobre a Ilha Comprida, uma vez que, apesar de estar inserida em três Unidades de Conservação distintas – Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual Ilha Comprida, APA Federal Cananeia-Iguape-Peruíbe e Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Estadual do Guará – encontra-se totalmente loteada.

Os loteamentos surgidos a partir da década de 1950 se expandiram sobre campos de dunas, cordões litorâneos e áreas de mangue, nos quais a intervenção antrópica pode dinamizar e acelerar os processos geomorfológicos.

Neste sentido, a aplicação dos procedimentos técnicos da Cartografia Geomorfológica de Detalhe em séries temporais auxilia no entendimento da gênese e da evolução das formas de relevo da Ilha Comprida e na compreensão dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelas alterações geomorfológicas na área de estudo.

Com base nas considerações apresentadas, o objetivo deste trabalho é analisar as modificações temporais do relevo do município de Ilha Comprida, ocorrida entre os cenários de 1962 e 2011/2012, a partir da interpretação de cartas geomorfológicas elaboradas na escala 1:10.000. Para uma visualização pormenorizada das variações do relevo, foram selecionadas amostras representativas dos produtos cartográficos.

Materiais e métodos

De acordo com a Abordagem Sistêmica aplicada à Geomorfologia, a área de estudo, com base no critério de funcionalidade estabelecido por Chorley e Kennedy (1971), é considerada um sistema nãoisolado aberto, no qual ao alterar um de seus elementos todo o sistema passará por modificações, já que o sistema aberto recebe energia e matéria de qualquer agente externo que possa operar sobre este.

Com base no critério estrutural (CHORLEY; KENNEDY, 1971), a Ilha Comprida é analisada como um sistema de processos-respostas, no qual, a partir das formas de relevo não alteradas pela ação antrópica, é possível compreender os processos geradores. A ilha é também considerada como um sistema controlado, em que as interferências humanas alteram os fluxos de energia e de matéria nos processos geradores e, conseqüentemente, nas formas de relevo.

A Cartografia Geomorfológica, no contexto da Abordagem Sistêmica, busca especializar os fenômenos geomorfológicos. Sendo assim, ao observar as formas do relevo representadas por simbologias, o leitor deverá compreender quais foram os processos geradores dessas formas.

O procedimento técnico selecionado para a elaboração das Cartas Geomorfológicas da Ilha Comprida de 1962 e de 2011/2012 é a proposta de Tricart (1965), que tem como um dos principais objetivos preservar as relações ocorrentes entre espaço e tempo no interior das unidades geomorfológicas. Para isto, a legenda proposta pelo autor busca corresponder à complexidade geomorfológica existente, diferenciando formas vivas e formas mortas, formas estabilizadas ou em processo evolutivo.

Para atingir seus objetivos, Tricart (1965) propõe que as cartas geomorfológicas apresentem dados de quatro naturezas, a saber:

- **Morfometria:** nesta pesquisa, são dados obtidos pela vetorização de curvas de nível e corpos d'água, a partir de cartas topográficas em escala 1:10.000.
- **Morfografia:** é a representação das formas de relevo através de símbolos adaptados da legenda.
- **Morfogênese:** dados relacionados com a origem das formas de relevo. Para a Ilha Comprida, os dados morfogenéticos foram obtidos através de pesquisas bibliográficas e complementados com trabalhos de campo.
- **Cronologia:** diz respeito à evolução temporal da área. Os dados cronológicos da pesquisa foram obtidos em Suguio e Martin (1978).

O Quadro 1 mostra a legenda final organizada para as Cartas Geomorfológicas da Ilha Comprida:

Quadro 1 – Legenda organizada para as Cartas Geomorfológicas da Ilha Comprida

1. FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS	A. PRECISÕES TOPOGRÁFICAS E MORFOMÉTRICAS	Topo Arredondado	
		Curvas de Nível	

CONTINUA...

2. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	B. FEIÇÕES HIDROGRÁFICAS	Canal Perene		
		Canal Temporário		
		Lagoa Perene		
		Lagoa Temporária		
	C. MODELADO DE ENTALHE	Vale de Fundo Plano		
		Rebordo de Terraço Marinho		
	D. FORMAS DE ACUMULAÇÃO	Apf – Acumulação de Planície Fluvial		
		FORMAS DE ACUMULAÇÃO	Acumulação Litorânea	Fixas
	Desmanteladas			
	Acumulação Pré-Litorânea		Cordões Litorâneos	
Am – Acumulação Marinha Atual				
Atm I – Primeiro Nível de Acumulação de Terraço Marinho				
Atm II – Segundo nível de Acumulação de Terraço Marinho				
Atm III – Terceiro Nível de Acumulação de Terraço Marinho				
Apfm – Acumulação de Planície Fluviomarinha				

CONTINUA...

4. MODELADO ANTRÓPICO	Superfície Construída	
	Ponte	
5. LITOLOGIA E CRONOLOGIA	Rochas Alcalinas (Morrete)	
	Sedimentos de Mangue e de Pântano (Areias e Argilas) – Holoceno Marinho e Lagunar	
	Areias Marinhas Litorâneas Trabalhadas em Superfície pelo Vento	
	Areias Marinhas Litorâneas	
6. CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS	Estradas pavimentadas	
	Estradas não pavimentadas	
	Caminhos e trilhas	
	Linha de costa	

Fonte: Organização das autoras (2014); adaptado da proposta de Tricart (1965)

Com relação à preparação dos produtos cartográficos, para o cenário de 1962 foram utilizadas fotografias aéreas com estereoscopia, em formato digital, na escala 1:25.000. Os pares estereoscópicos foram preparados no aplicativo *StereoPhoto Maker*®, gerando imagens tridimensionais (SOUZA; OLIVEIRA, 2012) que posteriormente foram georreferenciadas no ambiente computacional do *software ArcGIS*®, com o apoio de pontos comuns existentes na base cartográfica em escala 1:10.000.

Na última etapa, as formas e os compartimentos do relevo foram identificados através de interpretação visual das imagens tridimensionais com óculos 3D comum. A Carta Geomorfológica de 2011/2012 foi elaborada a partir de imagens orbitais do satélite Worldview-2 (DIGITAL GLOBE), originalmente em escala aproximada de 1:15.000, sem estereoscopia e de composição colorida. As imagens foram georreferenciadas de acordo com a base cartográfica, e em seguida ocorreu a interpretação visual no ambiente digital do *ArcGIS*®.

Resultados e discussões

As modificações ocorridas no relevo da Ilha Comprida entre 1962 e 2011/2012 são observadas em maior detalhamento através da seleção de fragmentos representativos das Cartas Geomorfológicas.

A Figura 3 (A/B) mostra o Pontal da Trincheira, extremidade sudoeste da ilha, onde constata-se a ocorrência do Morrete próximo à margem lagunar. Este morro isolado, com 42m de altitude, é o ponto de mais antiga litologia da ilha, sendo formado por rochas alcalinas sieníticas que são mais resistentes aos processos erosivos, quando comparadas às rochas sedimentares quaternárias.

O topo é arredondado, sem presença definida de uma linha de cumeada, apresentando forma convexa.

Três níveis de Acumulação de terraços marinhos (Atm) foram mapeados (Figura 3). Tais níveis apresentam variações em área ocupada, como está listado na Tabela 1:

Figura 3: Alterações do relevo no setor Sudoeste da Ilha Comprida.

Fonte: Organização das autoras (2017)

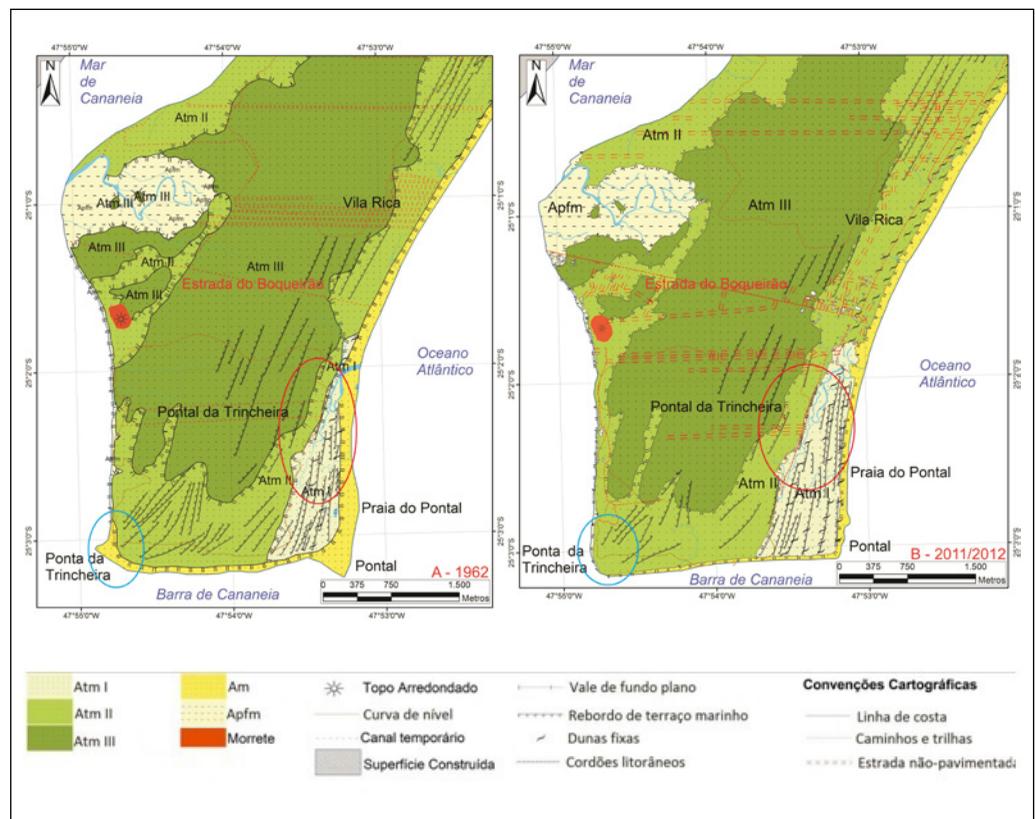


Tabela 1 – Área ocupada, em km², pela Atm entre os cenários de 1962 e 2011/2012

NÍVEL DE TERRAÇO	ÁREA EM KM ²	
	1962	2011-2012
Atm I – Primeiro nível de Acumulação de terraço marinho	15,62	21,00
Atm II – Segundo nível de Acumulação de terraço marinho	86,23	92,87
Atm III – Terceiro nível de Acumulação de terraço marinho	55,66	48,84

Fonte: organização das autoras (2017)

A Atm I, nível mais baixo, tem altitude média de 1 a 3 m. O acréscimo em área – de 15,62 km² (1962) para 21km² (2011/2012) – relaciona-se com a tendência geral de exposição da Atm I por erosão dos níveis superiores e por deposição de materiais sedimentares na Ponta da Praia (extremidade nordeste da Ilha Comprida).

A Atm II, nível intermediário, apresenta altitudes variantes entre 2 e 8m. As feições dunares estabilizadas por vegetação, que formam o Campo de Dunas de Juruvaúva, podem atingir até 14m acima do nível do mar.

A Atm II é suscetível à ação das drenagens perenes, como o córrego da Barra Nova e trechos do rio Candapuí. Em períodos de inundações, a subida das águas dos canais pode provocar a erosão das bordas do terraço marinho.

A Atm III é o nível mais alto, com altitudes entre 6 e 11m. A redução de 6,82km² de área entre 1962 e 2011-2012 pode estar relacionada com o desnível altimétrico da Ilha Comprida, associado às características arenosas da litologia.

Na Figura 3 (A/B), verificam-se dois pontos em que os níveis de terraço marinho apontam processos geomorfológicos evolutivos. O primeiro é destacado pelo círculo azul, na Ponta da Trincheira, onde a Acumulação marinha atual (Am) foi totalmente erodida pela ação das correntes de maré, gerando o contato direto entre a Atm II e as águas da Barra de Cananeia. O segundo ponto está assinalado pelo círculo vermelho, evidenciando o trabalho da drenagem perene, que provoca modificações nos limites entre os terraços marinhos de níveis I e II.

Com relação aos rebordos de terraços marinhos, durante trabalho de campo verificou-se que na Praia do Pontal e na Barra de Cananeia, locais onde atualmente predominam processos erosivos, a transição entre Atm I e Am é caracterizada por um rebordo de terraço abrupto, apresentando degrau topográfico evidente.

Os cordões litorâneos do Pontal da Trincheira são marcados por truncamentos em formas triangulares e subparalelismo com a linha de costa. Segundo Guedes (2009), até cinco áreas podem ser distintas nesse trecho da ilha com base na orientação dos cordões.

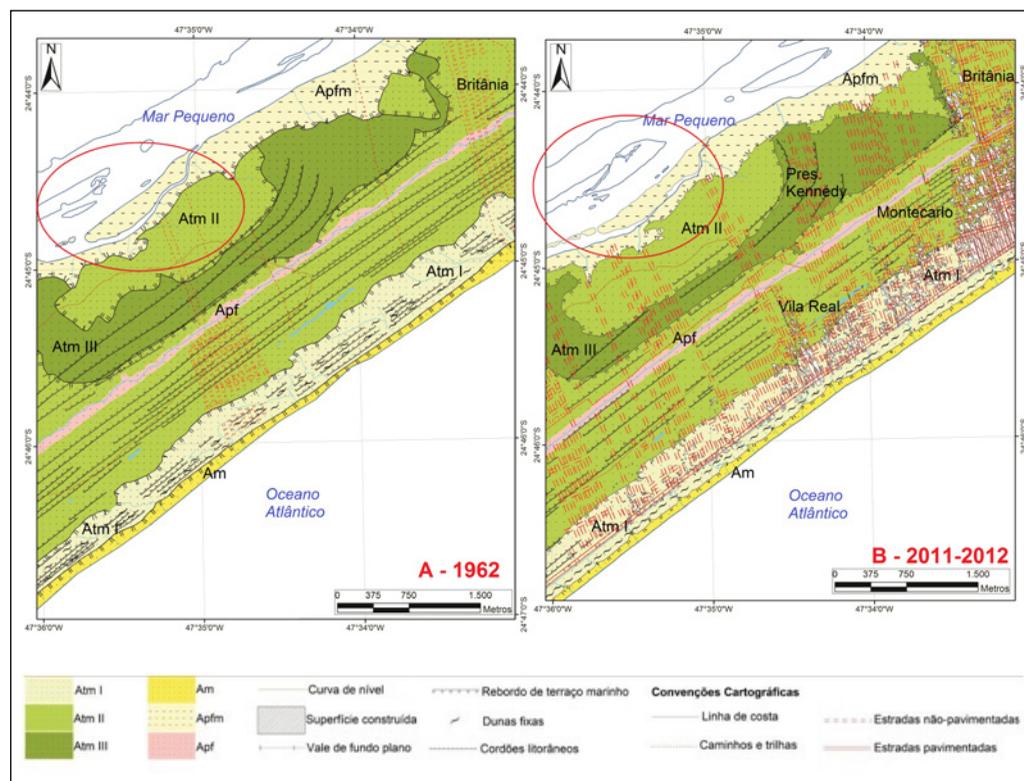
No cenário de 1962 (Figura 3A) prevalecem as características naturais de evolução da paisagem. No entanto, podem ser constatadas as primeiras intervenções humanas através da abertura de caminhos e trilhas e de estradas não pavimentadas. No Balneário Vila Rica, a abertura dos arruamentos resultou na descontinuidade artificial de cordões arenosos litorâneos paralelos à linha de costa.

Para o cenário de 2011-2012 (Figura 3B), apesar da ocorrência de concentração de superfícies construídas no entorno da Estrada do Boqueirão, observa-se que o Pontal da Trincheira ainda é pouco ocupado. Dados do Censo IBGE (2010) apontam uma baixa densidade demográfica nesse setor, que varia de 1,45 a 44,65 hab./km².

As principais alterações geomorfológicas ocorrem nos setores central e nordeste da Ilha Comprida. A Figura 4 (A/B) apresenta as mudanças no trecho nordeste:

Figura 4: Modificações do relevo no setor nordeste da Ilha Comprida.

Fonte: Organização das autoras (2017)



A Figura 4 mostra a ocorrência do compartimento de Acumulação de planície fluvial (Apf) do rio Candapuí, uma zona pantanosa delimitada pelos terraços marinhos de níveis I e II.

A Apf, nos cenários analisados, apresenta tendência de manutenção de área ocupada, com 4,90km² para 1962 e 4,66km² para 2011-2012.

Nos dias atuais, a Apf do setor nordeste está limitada por ruas pavimentadas, que aceleram o escoamento superficial e podem dinamizar a ocorrência de inundações de vias, de residências e estabelecimentos comerciais situados no entorno da planície fluvial.

Em contato com o Mar de Cananeia, verifica-se a presença de Acumulação de Planície Fluviomarinha (Apfm). Em 1962, esse compartimento ocupava uma área total de 17,92km² e, no cenário mais recente, 16,61 km². Conforme Souza (2014), a Apfm sofreu um declínio de área nas décadas de 1970 e 1980, em razão do aterramento de porções das planícies fluviomarinhas visando à venda de lotes.

A Apfm tem mostrado dinâmica evolutiva associada à presença de barras arenosas nos canais lagunares, que são fixadas por manguezais, como pode ser observado nos círculos vermelhos na Figura 4(A/B).

A Acumulação marinha atual (Am) apresentou redução em área, passando de 7,70km² em 1962, para 6,04km² (2011-2012). A evolução está ligada à ocorrência de tempestades, à ação das marés em diferentes períodos do ano, aos ventos, à ação das ondas, e à atuação das drenagens que deságuam na margem litorânea.

Em saída de campo, verificou-se que durante a elevação das marés, a água adentra as desembocaduras dos canais, provocando erosão por desbarrancamento da Am. O compartimento também sofre pressão antrópica pelo turismo e pelo deslocamento de veículos.

A Figura 4A mostra cordões litorâneos paralelos à linha de costa, naturalmente interrompidos por canais de drenagem. Na Figura 4B, a “quebra” e o desaparecimento dos cordões estão relacionados com a abertura de loteamentos e o crescimento urbano.

Ao alterar os cordões litorâneos, parte do sistema de drenagem interno da Ilha Comprida também é modificada, já que estas feições têm o papel de divisores de águas locais e direcionam o alinhamento dos canais de drenagem. A segmentação dos cordões torna estas formas mais suscetíveis à ação eólica, fluvial e pluvial, e às atividades antrópicas, como a extração de areia para a construção civil.

A Figura 4B mostra a existência de uma avenida beira-mar que demarca a ocorrência de dunas frontais. O uso intensivo das feições através da instalação de quiosques, pista de automobilismo, quadras e “cortes” que facilitam o acesso de veículos às praias possibilita dinamizar a reativação, com conseqüente deslocamento de materiais arenosos, que podem se utilizar de edificações na área urbana para ponto de ancoragem.

O setor nordeste apresenta a maior concentração de população municipal, que atinge até 1331,45 hab./km² (IBGE, 2010). Modificações expressivas ocorrem também na Ponta da Praia, extremidade nordeste da Ilha Comprida (Figura 5). Na Figura 5A,

é evidente a ausência de intervenções antrópicas, predominando características naturais da paisagem da Ilha Comprida.

A Figura 5 mostra o Campo de Dunas do Araçá, composto por feições ativas. Na Figura 5B, observa-se a ocorrência de balneários no entorno e no interior do campo de dunas. As residências e os estabelecimentos comerciais estão sujeitos à ação de processos eólicos, tornando-se locais de deposição de materiais arenosos.

Na Praia da Ilha Comprida, processos erosivos têm ocasionado a destruição de edificações localizadas na Atm I. Constata-se uma tendência de retilinização da linha de costa (Figura 5B), com desaparecimento de um esporão arenoso cartografado no cenário de 1962 (Figura 5A), evidenciado pelo círculo azul. Ao mesmo tempo, verifica-se o arredondamento e progradação da linha de costa na Ponta da Praia (corroborado pela marcação da latitude nas cartas geomorfológicas).

Os cordões litorâneos da Ponta da Praia apresentam subparalelismo à linha de costa e paralelismo à Barra de Icapara, evidenciando o crescimento em direção ao nordeste.

Apesar dos prejuízos materiais causados pela erosão marinha, este trecho não está entre os setores censitários de maior povoamento da Ilha Comprida. Segundo o IBGE (2010), a densidade demográfica neste setor é de 76,26 a 231,57 hab./km². O uso da cartografia geomorfológica em séries temporais foi essencial para o entendimento dos processos geomorfológicos que se desenvolvem na área de estudo.

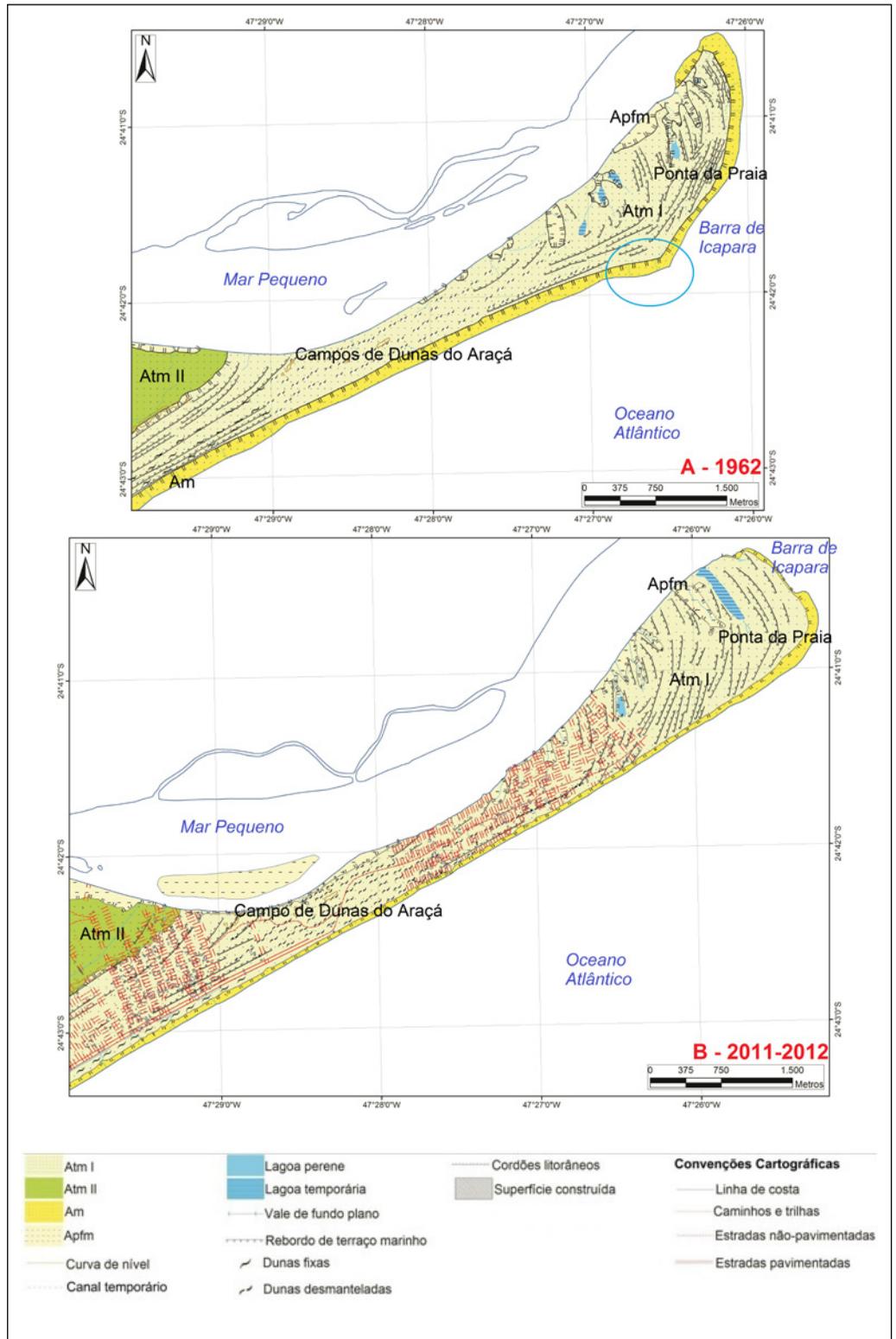


Figura 5: Evolução do relevo na Ponta da Praia.

Fonte: Organização das autoras (2017)

Considerações finais

Os produtos cartográficos apresentados neste trabalho apresentam duas situações distintas: o cenário de 1962, com poucas intervenções antrópicas na ilha, no qual predominava a mudança contínua do relevo através da dinâmica natural; e o cenário de 2011-2012, no qual ocorrem circunstâncias de interferência antrópica na evolução do relevo.

Como sistema de processos-respostas, observa-se que a Ilha Comprida apresenta situações em que é possível compreender a origem das formas do relevo, como, por exemplo, os cordões litorâneos, que estão fortemente associados ao próprio processo de formação da ilha.

Como sistema controlado, a intervenção humana, através da abertura de loteamentos e expansão urbana, resultou na limitação da ocorrência de dunas frontais, desaparecimento e subdivisão de cordões litorâneos, aterramentos de áreas de planície fluviomarina e terraceamento dos níveis de terraço, dificultando a cartografia dos limites entre os compartimentos e de formas de relevo.

As áreas de maiores alterações da linha de costa por processos erosivos não são as com maior densidade demográfica, porém, na extremidade Nordeste, observa-se ano a ano prejuízos materiais resultantes da retrogradação costeira.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo financiamento da pesquisa. Processo nº 2011/09859-9.

Referências

AB'SABER, A.N. A Ilha Comprida e o litoral de Cananeia-Iguape. Texto inédito, 1985. In: MODENESI-GAUTIERRE, M.; LISBOA, M.B.A.; MANTESSO-NETO, V. BARTORELI, A.; DAL RE CARNEIRO, C. **A Obra de Aziz Ab'Saber**, São Paulo: Editora Beca, p.1963-1968, 2011.

AB'SABER, A.N. Fundamentos de Geomorfologia Costeira do Brasil Atlântico Inter e Subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia: UFU, v.01, n.01, p.27-43, 2000.

ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. London: Prentice-Hall, 1971.

COELHO, M.R. et. al. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.34, p.833-846, 2010.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. New York: Cambridge University Press, 2010.

GIANNINI, P.C.F. et. al. Sedimentology and morphological evolution of the Ilha Comprida barrier system, Southern São Paulo coast. In: DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. (Org.). **Geology and geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. Cap.06, p.177-224.

GUEDES, C.C.F. **Evolução sedimentar quaternária da Ilha Comprida, estado de São Paulo**. 2009. 131f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

HENRIQUE, W.; MENDES, I.A. Areias em movimento – um estudo sobre a morfodinâmica da Ilha Comprida – SP. **Geografia**, Rio Claro, v.24, n.3, p.69-92, dez.1999. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010 – Sinopse por Setores**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse-porsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 06 Fev. 2014.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. Ilha Comprida: um exemplo de ilha-barreira ligado às flutuações do nível marinho durante o Quaternário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais do XXX Congresso**. Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. p.905-912.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A.J.T.; CHUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 6, p.253-301.

OLIVEIRA, J.B. et. al. Instituto Agronômico de Campinas. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**. Campinas, 1999. 4 mapas, color. Escala 1:500.000. Acompanha legenda expandida.

OLIVEIRA, R. C. de; DIAS, R.L. O estudo das unidades de relevo em regiões litorâneas: o exemplo do litoral sul do estado de São Paulo. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.13, n.41, p.122-145, mar. 2012.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 2003, 7ª Edição.

SOUZA, T. A.; OLIVEIRA, R. C. de. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**, Manaus, v.2, n.4, 2012, p.1348-1355.

SOUZA, T. A. **Dinâmica geomorfológica e alterações antrópicas da Ilha Comprida (SP)**. 2014. 194f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SPINELLI, F. P.; GOMES, C. B. A ocorrência alcalina de Cananeia, litoral sul do estado de São Paulo: geologia e geocronologia. **Geologia USP**. Série científica, São Paulo, v.8, 2008, p.53-64.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. DAEE/USP/FAPESP. **Cartas Geológicas do litoral paulista**: Cananéia e Iguape. São Paulo, 1978. 2 mapas, color. Escala:1:100.000.
TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

8

Mapeamento geomorfológico de detalhe e de uso e cobertura da terra: instrumentos básicos para o planejamento ambiental

Simone Emiko Sato; Cenira Maria Lupinacci

Introdução

A complexidade e a diversidade de formas de relevo presentes em áreas litorâneas associam-se diretamente às transformações geológico-geomorfológicas ocorridas ao longo de toda a costa brasileira e ao processo de ocupação e uso da terra.

A compartimentação e o mapeamento das formas do relevo correspondem a uma etapa primordial para o entendimento dos processos responsáveis pelo modelado da superfície da terra (resposta aos agentes do sistema ambiental à qual pertence).

Decifrar, setorizar e identificar as formas do modelado terrestre sempre instigou os pesquisadores das ciências da terra. Em relação ao estado de São Paulo, estudos pioneiros promoveram a divisão do relevo paulista em unidades com base em suas feições geológico-geomorfológicas (MORAES REGO, 1932; DEFFONTAINES, 1935; MONBEIG, 1949; AB'SABER e BERNARDES, 1958). Nesses estudos, a zona costeira ganha vulto e a diversidade de características dessa área do estado promovem sua gradual compartimentação.

Almeida (1964), com a finalidade de analisar o relevo do estado de São Paulo, divide-o em províncias geomorfológicas, correspondentes às grandes divisões geológicas, sendo estas subdivididas em zonas, referentes às feições locais do relevo. Em relação à área litorânea, o autor citado denomina-a de Província Costeira. Tal proposta subsidiou o IPT (1981) na elaboração e publicação do Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo.

Ross e Moroz (1997) apresentam uma nova divisão geomorfológica do estado de São Paulo, introduzindo e aplicando os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura

para a representação cartográfica. Desse modo, foram distinguidos no estado de São Paulo macrocompartimentos referentes às Unidades Morfoestruturais e às Unidades Morfoesculturais. Como exemplo ilustrativo, temos o litoral paulista, representado pela Serra do Mar e pela planície costeira. A Serra do Mar foi classificada como uma unidade geomorfológica pertencente à Unidade Morfoescultural do Planalto Atlântico, sendo esta integrante da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Já a planície costeira foi classificada como unidade geomorfológica pertencente à Unidade Morfoescultural das Planícies Litorâneas, Unidade Morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozoicas.

Em relação à configuração atual da zona costeira paulista, esta se associa diretamente à origem e à evolução da Serra do Mar e à formação e desenvolvimento da planície costeira.

A Serra do Mar é uma notável expressão topográfica do Sudeste brasileiro. Em São Paulo representa o rebordo do Planalto Paulistano, apresentando um conjunto de escarpas com diferentes denominações locais. A configuração dessas escarpas, associadas aos eventos geológicos e tectônicos, remonta ao Terciário, mas este processo ainda encontra-se em evolução (DE MARTONNE, 1943; FREITAS 1951; ALMEIDA, 1953; AB'SABER, 1955; AB'SABER, 1965, ALMEIDA e CARNEIRO, 1998; VIEIRA e RAMOS, 2015).

Nas bordas das escarpas festonadas da Serra do Mar, nas proximidades do oceano, ocorrem áreas deposicionais referentes às planícies costeiras, que também integram a Província Costeira paulista.

A origem das planícies costeiras do Brasil, de modo geral, relaciona-se às oscilações do nível marinho, resultado da eustasia e do tectonismo, assim como das oscilações climáticas do Quaternário (SUGUIO et al., 1985; AB'SABER, 1965; SUGUIO e MARTIN, 1978; SUGUIO et al., 1985; SUGUIO, 2001, SOUZA et al., 2008).

As oscilações do nível marinho foram fundamentais para a evolução das planícies costeiras no Brasil, de modo geral, fornecendo e transportando sedimentos marinhos, remodelando as planícies e atuando através da abrasão das escarpas, nos episódios transgressivos.

Neste contexto físico-ambiental, o uso e ocupação das áreas litorâneas podem também serem considerados como resultante de agentes transformadores deste espaço. Dessa forma, a interação entre o meio físico e socioeconômico exige a investigação e o entendimento da base de sustentação da sociedade, que é o relevo. Assim, o mapeamento geomorfológico de detalhe visa a contribuir para a identificação das várias formas presentes nessa área e entender como os agentes e processos, naturais e antrópicos, atuam na sua configuração.

O objetivo deste artigo é analisar como as diversas formas de relevo presentes no litoral paulista influenciam, ou são influenciadas, pelo uso e ocupação das terras. Como exemplo foram investigados a área que abrange os municípios Mongaguá e Itanhaém, integrantes da Baixada Santista, litoral do estado de São Paulo (figura 1).

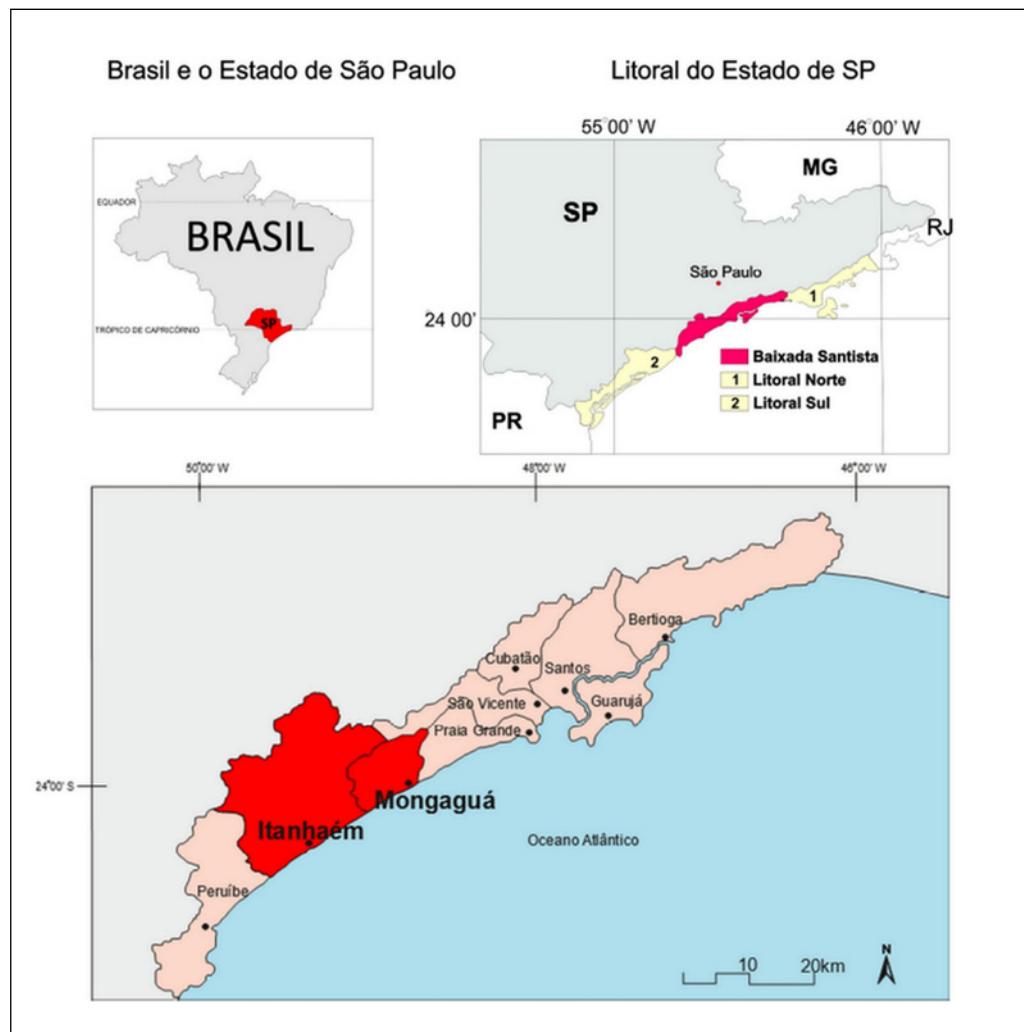


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Organização das autoras

Material e métodos

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

Para a identificação das formas de relevo presentes na área de estudo, foram elaborados os mapas geomorfológicos de detalhe na escala 1:50.000 dos municípios de Mongaguá (SATO, 2008) e Itanhaém (SATO, 2012). Recorreu-se à interpretação de fotografias aéreas em preto e branco, anos 1962 (Itanhaém) e 1994 (Mongaguá), com auxílio de um estereoscópio de bolso.

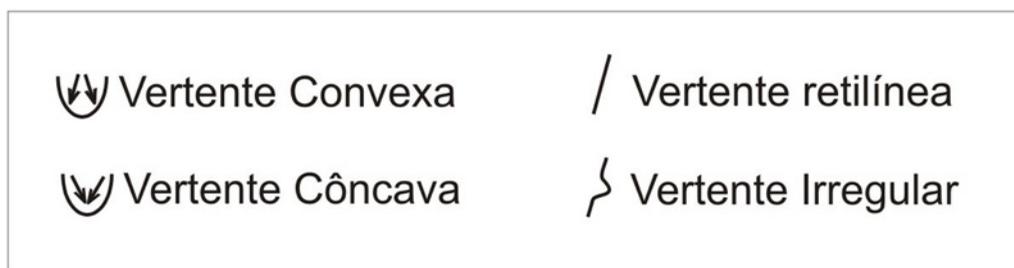
Devido à complexidade das áreas, em relação às suas características físicas referentes à interação entre continente e oceano, planície sedimentar, escarpas da Serra do Mar e Planalto Atlântico, o mapeamento considerou as propostas de Tricart (1965) e a de Verstappen e Zuidam (1975) para a representação dos elementos do relevo através de respectivas simbologias.

De acordo com a proposta de Tricart (1965), não são representadas as formas de vertente. Para o autor citado, devem-se identificar os tipos de escoamento. Contudo, nos climas quentes e úmidos tal procedimento torna-se impossível pela fotointerpretação. Além disso, a Serra do Mar por ser um imponente elemento na paisagem litorânea, e por situar-se em área de grande variação pluviométrica, gera a necessidade de se identificar à forma das vertentes, visto que o tipo de escoamento é bastante diversificado. Desse modo, adotou-se a proposta de simbologia de Verstappen e Zuidam (1975) para a representação de tais formas do relevo.

As simbologias adotadas, com base em Verstappen e Zuidam (1975), estão representadas na figura a seguir (Figura 2).

Figura 2: Formas de relevo e respectivas simbologias, segundo a proposta de Verstappen e Zuidam (1975).

Fonte: Organização das autoras



Nos mapeamentos geomorfológicos realizados foram classificados seis grupos de formas. Cada grupo abrangeu suas formas correspondentes, considerando-se, desse modo, sua origem. A figura 3 representa a organização da legenda (Figura 3).

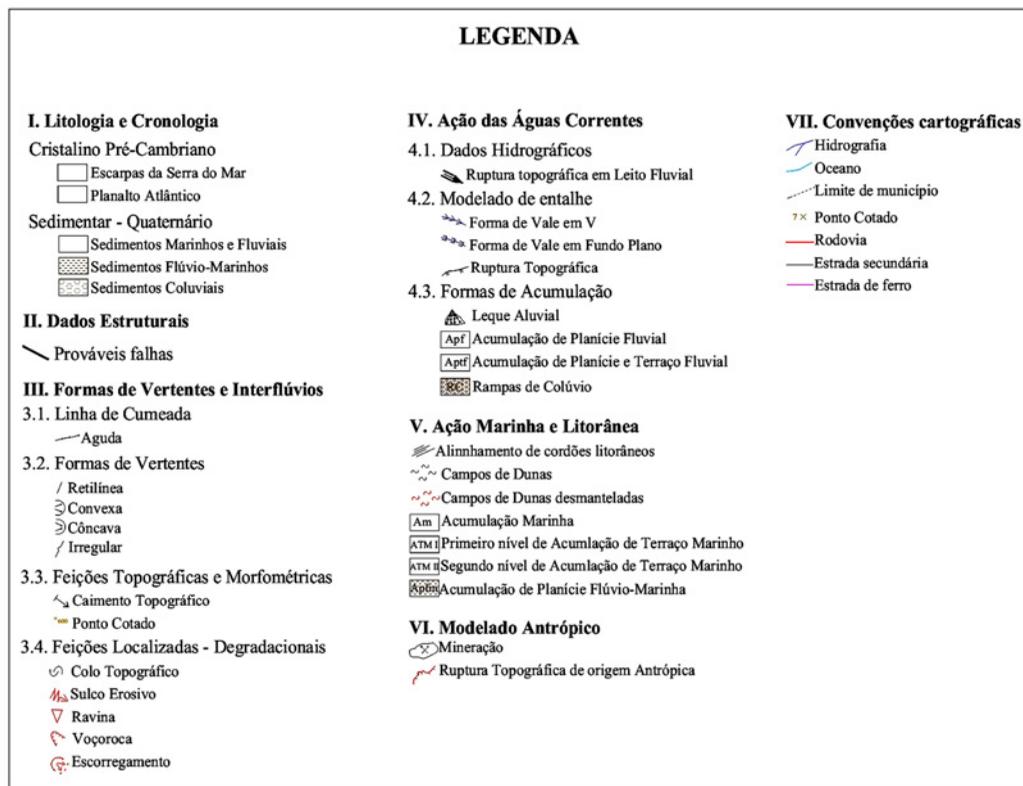


Figura 3: Organização da legenda do Mapa Geomorfológico.

Fonte: Organização das autoras

MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA

As cartas de Uso e Cobertura da Terra da área em estudo foram elaboradas através da interpretação das fotografias aéreas e de imagens do mosaico semiajustado (São Paulo, 2000).

A identificação das classes de uso da terra baseou-se em chaves de interpretação. Estas chaves, segundo Ceron e Diniz (1966), correspondem à sistematização dos elementos de identificação, visando, deste modo, a facilitar os trabalhos de mapeamento do uso da terra.

Para a área de estudo foram sistematizadas as chaves de interpretação correspondentes às praias arenosas, zona urbana, área de mineração, solo exposto, vegetação rasteira, floresta de restinga e vegetação florestal.

Com base nas chaves de interpretação anteriormente citadas, realizou-se a fotointerpretação. As cores das classes de uso da terra e vegetação basearam-se no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) (Figura 4). Para as classes temáticas que apresentavam variações de tipos, por exemplo, vegetação: mata atlântica, floresta de restinga, vegetação rasteira, mangue, utilizaram-se tonalidades RGB que se enquadraram entre a classe florestal e campestre.

Figura 4: Classes de uso e cobertura da terra.

Fonte: Organização das autoras



Resultados e discussões

A área de estudo, de acordo com os princípios da abordagem sistêmica, é uma paisagem composta por elementos naturais e elementos socioeconômicos conectados e integrados. Essa paisagem funciona como um grande sistema ambiental não isolado e aberto, onde o sistema atmosfera, o sistema litosfera, o sistema hidrosfera e o sistema biosfera (onde se insere o homem) interagem, promovendo a incessante movimentação dos fluxos de energia e matéria. Tais fluxos são os responsáveis pela gênese e dinâmica das formas do relevo. Assim, alterações em qualquer um dos sistemas implica em alteração nos fluxos de matéria e energia, e conseqüentemente na geomorfologia local.

As formas de relevo identificadas no mapeamento de detalhe são o resultado da ação conjunta entre os agentes modeladores, naturais ou socioeconômicos, e dos processos dinâmicos, atuais ou pretéritos. Dessa forma, intervenções na paisagem, derivadas do uso da terra, podem alterar a organização físico-ambiental e, conseqüentemente, o funcionamento da paisagem. Também se deve atentar que as características físicas interferem nas formas de uso.

Na planície costeira foram mapeadas as seguintes feições geomorfológicas: acumulação marinha – Am, planície flúvio-marinha – Apfm, planície fluvial – Apf, Aptf, terraços marinhos – ATM, colúvios – RC (Figura 5a e 5b).

Figura 5a: Detalhe do mapa geomorfológico do município de Mongaguá (SP), planície costeira. A legenda encontra-se na figura 3.

Fonte: Organização das autoras

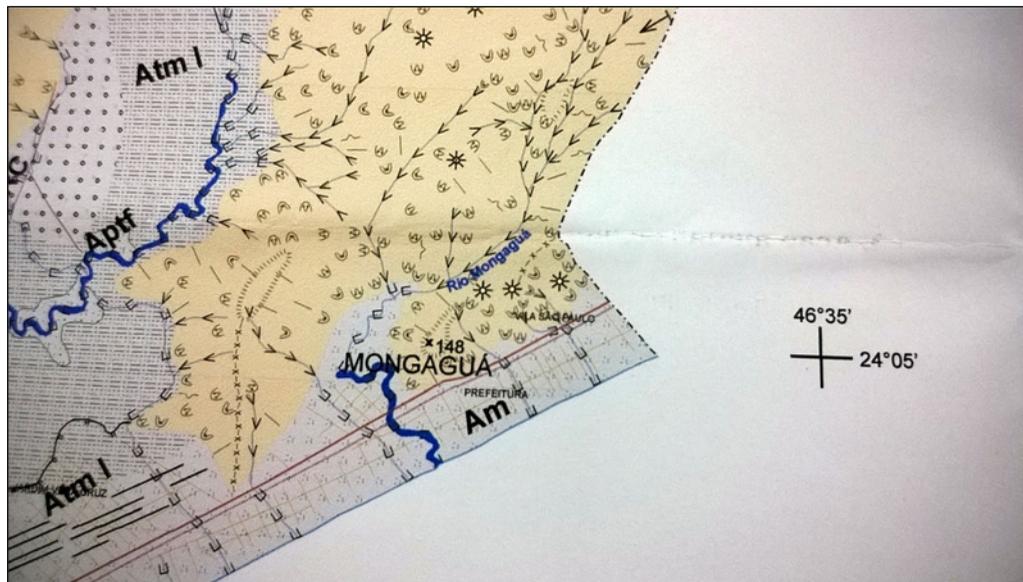
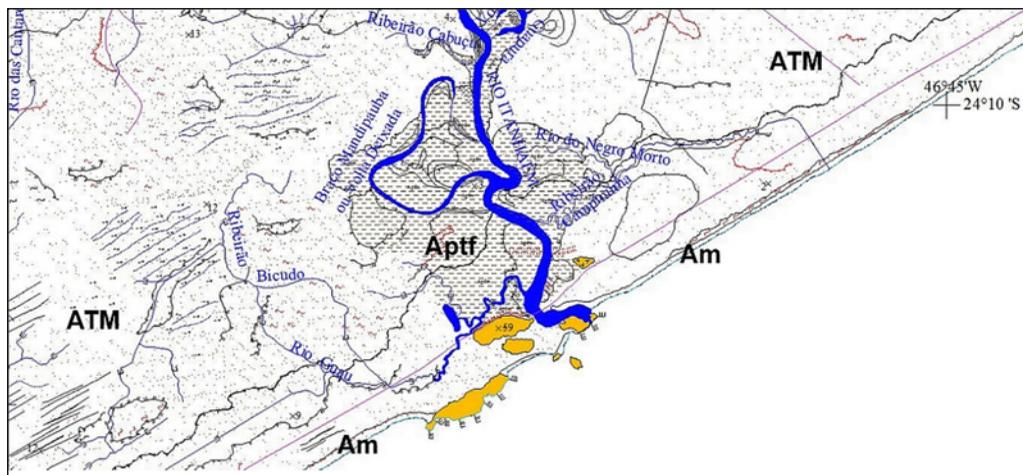


Figura 5b: Detalhe do mapa geomorfológico do município de Mongaguá (SP), planície costeira. A legenda encontra-se na figura 3.

Fonte: Organização das autoras



Na interface entre a dinâmica continental e oceânica localiza-se uma estreita faixa arenosa correspondente à unidade de Am - acumulação marinha. A interconexão entre o continente e o oceano confere a essa área uma intensa e inerente instabilidade natural. Formada por areias marinhas litorâneas, apresenta pouca coesão dos sedimentos, que são constantemente remobilizados pela ação das marés. Na unidade Am a pressão da urbanização é destacada, visto que é o limite entre a ocupação urbana e a praia (Figura 6a e 6b). Na área de estudo, assim como na maioria das cidades pertencentes à zona costeira defronte ao mar, há o desenvolvimento da urbanização junto à orla. Esse uso da terra promove a modificação do sistema ambiental, degradação e diminuição das praias. Com a possibilidade real de aumento do nível dos mares, esses espaços tornam-se áreas potenciais de risco.

Em Mongaguá é notório o conflito entre o uso e as características geomorfológicas, pois em trechos da Am é possível verificar a presença de estruturas urbanas (calçadão, avenida e muros de contenção) sobre áreas de dissipação de energia das marés altas, evidenciando que o limite da zona de estirâncio não foi considerado pelas ações de planejamento. Entretanto, segundo Souza (2012), o risco à erosão costeira em Mongaguá é considerado muito baixo, mas o uso da terra conflitua interfere diretamente na manutenção dos equipamentos urbanos, que são afetados pelas marés altas e também na balneabilidade das praias, pois em trechos da orla as praias são encobertas pela maré.

Já em Itanhaém, onde a urbanização apresenta características similares, há evidências erosivas, como a presença de dunas desmanteladas e, segundo a autora citada, o grau de risco à erosão costeira na praia homônima é muito alto (SOUZA, 2012). Na área de estudo, a vegetação nativa na área de Am é rarefeita.

Figura 6a: Detalhe do mapa de uso e cobertura da terra do município de Mongaguá (SP), planície costeira. A legenda encontra-se na figura 4.

Fonte: Organização das autoras



Figura 6b: Detalhe do mapa de uso e cobertura da terra do município de Mongaguá (SP), planície costeira. A legenda encontra-se na figura 4.

Fonte: Organização das autoras



No setor jusante do rio Itanhaém, situa-se a unidade de Apfm - acumulação flúvio-marinha. Localizada na planície de maré (declividade entre 2 a 5%), a dinâmica dessa unidade está vinculada ao sistema fluvial e às oscilações diárias marinhas, tornando essa área sujeita às inundações periódicas, controladas pelo regime das marés. Os sedimentos são finos relacionados a areias finas e argilas e o solo derivado desse sistema corresponde ao gleissolo sálico, um solo rico em matéria orgânica. Na unidade Apfm desenvolve-se um importante ecossistema costeiro, o manguezal. De acordo com a definição apresentada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente / CETESB (1999)

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e aquático, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. É constituído por espécies vegetais lenhosas típicas, adaptadas às flutuações de salinidade e a um sedimento predominantemente lodoso, com baixos teores de oxigênio. Ocorre em regiões costeiras, principalmente abrigadas, e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante gerador de bens e serviços (SMA/CETESB, 1999, p.17). Os manguezais atuam ainda na estabilização da linha de costa, devido ao controle da erosão desempenhado pelas raízes do mangue; retenção de sedimentos terrestres e também são considerados como filtro biológico evitando o assoreamento e a contaminação das águas costeiras. Devido a sua importância para a manutenção do sistema costeiro é legalmente definido como Área de Preservação Permanente – APP. Mas embora seja um importante elemento para a dinâmica ambiental, esse ecossistema encontra-se pressionado pela área urbana de Itanhaém (SP) e pela rodovia SP – 55, que atravessa esta unidade. Suas condições originais são mantidas apenas nas áreas mais afastadas da área urbana e da rodovia. Em Mongaguá, a jusante do rio homônimo, não há áreas de mangue desenvolvidas.

Na planície costeira, a partir da unidade Am e Apfm, rumo ao interior da área de estudo, em direção à Serra do Mar, foram mapeadas áreas correspondentes a terraços marinhos – ATM. Os terraços correspondem a depósitos marinhos antigos, originados nos períodos transgressivos. Apresenta uma densa rede de drenagem alimentada pelos canais oriundos das escarpas da Serra do Mar, que abruptamente encontram os terrenos da planície. A alta energia cinética originária das altas declividades das escarpas é assim dissipada, onde a drenagem adquire características meandran-tes como resultado da baixa declividade e do substrato formado pelos sedimentos arenosos. A presença da cobertura vegetal, correspondente à floresta de restinga, promove a estabilização dos sedimentos, a preservação das margens e propicia o desenvolvimento das áreas de planície fluvial - Apf e terraços fluviais - Aptf ao longo

dos cursos fluviais. Souza (2006) propõe o termo “vegetação de planície costeira” e “baixa e média encosta” para a floresta de restinga e associa este tipo de vegetação ao clímax edáfico e também ao substrato geológico-geomorfológico.

Além da cobertura nativa, correspondente à floresta de restinga, há atividades agrícolas relacionadas predominantemente à agricultura familiar, bananicultura e pesca esportiva.

Nas áreas urbanas, a ATM foi modificada pela urbanização. Os rios Aguapeú, em Mongaguá, e Branco e Preto, em Itanhaém, e os morros isolados situados na planície costeira formam barreiras naturais e dificultam a expansão antrópica. Mas os cursos fluviais situados nas áreas urbanas têm seus limites de APP muitas vezes incorporados ao tecido urbano, como o caso do rio Mongaguá e do rio Itanhaém.

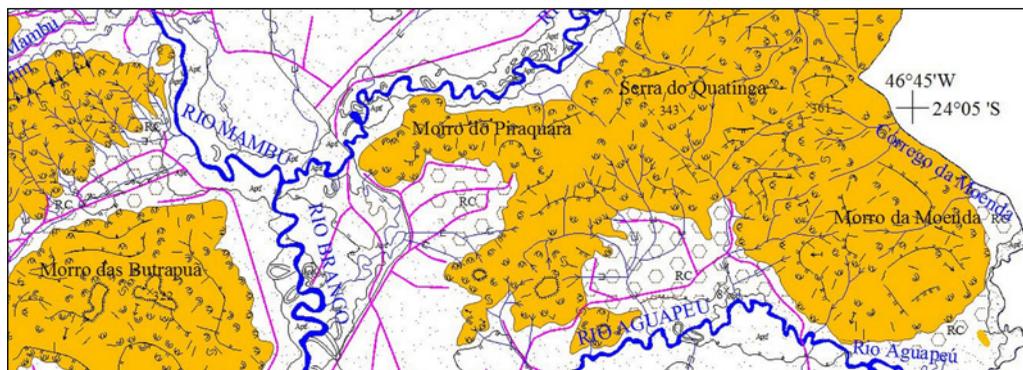
Embora a ATM apresente baixa declividade (2-5%), a existência de diferenciações altimétricas e a presença de paleodunas no interior da área de estudo, afastadas da atual linha de costa, demonstram que há descontinuidades topográficas nesta unidade, atestando que tal não é homogênea. De acordo com Suguio e Martin (1978), nas áreas mais elevadas (altimetrias entre 8 e 13 metros) predominam sedimentos de idade pleistocênica. Dessa forma, pode-se inferir que tais descontinuidades estariam relacionadas a processo de regressão marinha e à ação erosiva proporcionada pelo sistema de drenagem presente na área. Outra evidência das oscilações marinhas que ocorreram no Quaternário são os paleocordões litorâneos identificados no mapeamento geomorfológico. Há também indícios de diferenciação topográfica que podem ser associados à presença de vegetação paludosa, característica de áreas úmidas, encharcadas e deprimidas topograficamente.

Os colúvios - RC são compostos por sedimentos detríticos originados na Serra do Mar e morros isolados, transportados ao longo das respectivas encostas. Nos mapeamentos de uso e cobertura não foram identificadas áreas de solo exposto, pois nas áreas onde há floresta de restinga os sedimentos encontram-se recobertos pela vegetação. Foi identificado uso relacionado à atividade agrícola (bananicultura) nas bases dos morros situados na planície costeira, mas dada à escala do mapeamento, não foram identificados indícios de processos erosivos.

No setor serrano, formado pelo Planalto Atlântico, pelos morros isolados e pelas escarpas da Serra do Mar, foram mapeadas as seguintes feições geomorfológicas: tipos de vertentes (retilínea, côncava, convexa, irregular), linhas de cumeada, feições erosivas (ravinas, voçorocas, sulcos e cicatrizes de escorregamento). Em Mongaguá, o limite municipal NE-N-SW é determinado, respectivamente, pelas linhas de cumeadas das serras do Guaperuvu, do Barigui, e de Mongaguá, e não abrange o Planalto Atlântico (Figuras 7a e 7b).

Figura 7a: Detalhe do mapa geomorfológico de Itanhaém (SP), setor serrano. A legenda encontra-se na figura 3.

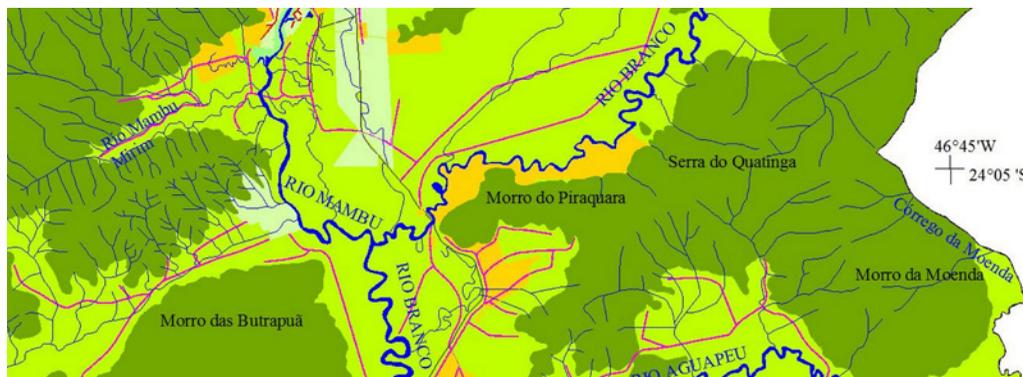
Fonte: Organização das autoras



Em Itanhaém, o setor do Planalto Atlântico caracteriza-se pelas altimetrias superiores a 800 metros. As formas de relevo predominantes correspondem a morros suavizados, com vertentes côncavas e convexas. Nas referidas vertentes há a presença de sulcos erosivos, voçorocas e cicatrizes de escorregamentos. Estas feições erosivas associam-se às características do relevo, onde predominam declividades acentuadas, variando entre 12 a 30%, à grande quantidade de nascentes e ao tipo de solo associado, predominantemente cambissolos háplicos. Este solo se caracteriza por apresentar o horizonte B incipiente, com concentração de fragmentos rochosos, sendo este propício à erosão hídrica, quando associados às altas declividades. Observa-se também que muitas feições erosivas associam-se ao uso da terra, relacionado à abertura das estradas e à vegetação rasteira.

Figura 7b: Detalhe do mapa de uso e cobertura da terra do município de Itanhaém (SP), setor serrano. A legenda encontra-se na figura 4.

Fonte: Organização das autoras



Ao norte do Planalto Atlântico, no limite com os municípios de São Paulo e Jujutiba, foi instituído por lei a Área de Proteção Ambiental - APA Capivari - Monos com o objetivo de restringir e controlar o uso da terra, que é permitido por lei desde que controlado. Essa APA corresponde a uma das áreas de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. De modo geral, o uso da terra restringe-se a pequenas propriedades rurais, mas, nos limites com o município de São Paulo, a pressão exer-

cida pela expansão urbana, principalmente relacionada às ocupações irregulares, é um problema iminente, que afeta diretamente a qualidade dos recursos hídricos e a preservação da vegetação nativa.

Outra característica interessante nas áreas litorâneas do estado de São Paulo são os morros presentes na planície costeira. Essas formas são relíquias da época em que a Serra do Mar ocupava regiões mais distantes do sítio atual, e que atualmente encontram-se sobre a planície. O isolamento desses morros foi ocasionado pela reativação tectônica Cretáceo-Terciária da borda do Planalto Atlântico, e pelos processos erosivos associados às oscilações glácio-eustáticas do Quaternário (SUGUIO et al., 1985; AB'SABER, 1965; SUGUIO e MARTIN, 1978; SUGUIO et al., 1985; SUGUIO, 2001).

As escarpas da Serra do Mar e os morros isolados caracterizam-se pelas vertentes côncavas e convexas, e pela presença de vertentes retilíneas e irregulares, que coincidem com as áreas mais íngremes. Tais áreas apresentam maior suscetibilidade aos processos denudacionais, principalmente aos relacionados a movimentos de massa, comprovados pelas cicatrizes de escorregamento identificadas no mapeamento. Essas cicatrizes estão localizadas em áreas da Serra do Mar distantes da área urbana e de difícil acesso.

Outros fatores que também contribuem para esse processo são o tipo de rocha predominante, referente aos migmatitos (IPT, 1981), a presença de falhas e fraturas, o tipo de solo, predominantemente cambissolos háplicos, que, de modo geral, é pouco espesso, a densa vegetação de mata atlântica e os altos índices pluviométricos entre 1.500 e 2.000 mm anuais.

A Serra do Mar, a partir da cota 100 metros, foi decretada Parque Estadual em 1977 (Parque Estadual da Serra do Mar – PESM - Decreto Estadual nº 10.251 de 30/08/1977). Além desse dispositivo legal, a Serra do Mar e os morros isolados são patrimônios naturais tombados pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do estado de São Paulo - CONDEPHAAT (Resolução SC 40/85 de 06/06/1985). A legislação promove diretrizes para o uso da terra nessas áreas, favorecendo a preservação de suas características naturais.

Considerações finais



A compreensão da dinâmica ambiental é uma tarefa extremamente complexa, mas fundamental e necessária para direcionar o uso e a ocupação das terras, de forma a minimizar os possíveis problemas socioambientais resultantes da ação antrópica. Entretanto, historicamente os planejamentos ambientais são elaborados sob duas perspectivas, muitas vezes conjugadas, uma visando a determinar quais serão as melhores ações futuras que poderão contribuir com a preservação ambiental, e outra a realização de ações mitigatórias, tentando minimizar o quadro ambiental atual,

resultante da ausência ou ineficácia de um planejamento prévio. Embora distintas, as duas perspectivas têm uma base em comum, o entendimento do funcionamento do ambiente.

Nesse contexto surge uma questão, como entender a dinâmica ambiental? Isso é possível?

Investigar o ambiente é um desafio para as ciências. Na geografia, os instrumentos de análise ambiental são as principais ferramentas para a geração de informações que servirão de base para o planejamento. De acordo com esse raciocínio, o mapeamento geomorfológico de detalhe é um instrumento básico para a compreensão dos agentes e processos modeladores do relevo, possibilitando dessa forma inferir sobre a suscetibilidade de tais modelados a determinados tipos de uso da terra. A adoção do mapeamento geomorfológico de detalhe no ordenamento territorial promove a organização espacial, a partir das próprias características físicas do meio, sendo de grande valia como subsídio técnico, se amparado pelos instrumentos legais, para a determinação de direcionamentos e restrições ao uso e a ocupação de áreas litorâneas.

Outro instrumento de extrema importância é o mapeamento do uso e cobertura da terra, pois viabiliza, entre outras ações, a criação de cenários futuros a partir da reconstituição temporal dos usos e coberturas da terra de determinada área, tornando factível deduzir as futuras tendências de uso ou apontar quais foram as modificações espaciais que ocorreram e como os sistemas físicos-ambientais foram alterados, destacando, dessa forma, a ação humana como modeladora do relevo.

Considerando o exposto, o mapeamento geomorfológico de detalhe e o mapeamento de uso e cobertura da terra são instrumentos básicos para o planejamento. As ações de planejamento fundamentadas na geomorfologia local são necessárias para que haja equilíbrio na relação entre os componentes naturais e os componentes socioeconômicos, devendo-se conciliar a investigação sobre o sistema ambiental e a elaboração de leis e diretrizes mais restritivas, as quais incidirão diretamente no uso da terra. A organização do espaço é necessária para a melhoria das adequações e restrições de usos, e conseqüentemente preservação do sistema físico-ambiental, no qual está inserido o litoral, área essa extremamente sensível às alterações ambientais.

O conhecimento da dinâmica do relevo associado à escolha da escala de investigação adequada é o fundamento para uma correta intervenção antrópica no meio. Reforça-se assim a ideia de que as características locais devem ser as norteadoras das ações, visto que somente a imposição de uma legislação generalizante nem sempre será adequada às reais necessidades ambientais.

Agradecimentos Ao Laboratório de Geomorfologia – LAGEO, da Universidade Estadual Paulista – UNESP campus de Rio Claro – SP. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelos auxílios financeiros, fundamentais para o desenvolvimento das pesquisas.

Referências

AB'SABER, A.N. Contribuição à Geomorfologia do litoral paulista. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.17, n. 1, p.03-48, 1955.

AB'SABER, A.N. & BERNARDES, N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA **Guia de Excursões**, n.4, Rio de Janeiro, 1958.

AB'SABER, A.N. A evolução geomorfológica. In: AZEVEDO, A. (org.) **A Baixada Santista: Aspectos Geográficos**. Vol.1. As bases físicas. São Paulo: Edusp, 1965. p. 49-66.

ALMEIDA, F.F.M. de. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Cubatão. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n.15, p.3-17, 1953.

ALMEIDA, F.F.M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto de Geografia e Geologia**, São Paulo, n.41, p.169 – 274, 1964.

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.28, n.2, p.135-150, jun.1998.

AZEVEDO, A. E. G de. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.15, n.4, p.273-286, ago.1985.

CERON, A.; DINIZ, J.A. O uso de fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 28, n.02, p.161-172, Jun.1966.

CONSELHO DE DEFESA DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARQUEOLÓGICO ARTÍSTICO E TURÍSTICO – Dispõe sobre a proteção do patrimônio nacional - Resolução de Tombamento 40 de 06/06/1985, Tombamento da Serra do Mar e dos Morros Isolados. Disponível em: <<http://www.cultura.sp.gov.br/portal/site/SEC/menu-item.fe8f17d002247c2c53bbcfcae2308ca0/?vgnnextoid=963c6ed1306b0210Vgn-VCM1000002e03c80aRCRD>>. Acesso em: 11. out. 2011.

DE MARTONNE, E.de. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.5, n.4, p.523-550, 1943.

FREITAS, R.O. de. Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, n.7, p.3-19, 1951.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Edição, Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO DE PEQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981, 94 p. Volume I.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977. Dispõe sobre a criação do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). Disponível em: <<http://www.sma.sp.gov.br>>. Acesso em: 11.out.2011.

SÃO PAULO (ESTADO) Secretaria do Meio Ambiente. **Mapeamento dos ecossistemas costeiros de São Paulo**. São Paulo: CETESB,1999.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/ CINIP/ IF. Mosaico semiajustado. **Projeto de Preservação da Mata Atlântica**. 2000.

SATO, S.E. **Zoneamento Geoambiental do município de Mongaguá – Baixada Santista (SP)** 2008. 167f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SATO, S.E. **Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém – Baixada Santista (SP)** 2012. 107f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

SOUZA, C.R.G. Mapeamento de compartimentos fisiográficos de planície costeira e baixa-encosta e da vegetação associada, no litoral norte de São Paulo. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, **Anais**...Goiânia: 1-11, 2006.

SOUZA, C.R. de G.; HIRUMA, S.T.; SALLUN, A.E.M.; RIBEIRO, R.R.; SOBRINHO, J.M.A. **Restinga: Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental**. São Paulo: Instituto Geológico, 2008.

SOUZA, C.R.G. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Volume Especial 30 anos, p.307-371, 2012.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. São Paulo. **Comunicação...** São Paulo: Sociedade brasileira de Geologia-SBG, 1978. 55p.

SUGUIO, K. ; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P; DOMINGUEZ, J.M.L; FLEXOR, J-M; AZEVEDO, A.E.G de. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.15, n.4, p.273-286, ago.1985.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais. Passado + Presente = Futuro?**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 2001. 366p.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965. 496p.

VERSTAPEN, H.T; ZUIDAM, R.A. van. **System of geomorphological survey**. Netherlands, Manuel ITC Textbook, vol. VII. 1975. 52p.

VIEIRA, B.C; RAMOS, H. Aplicação do modelo SHALSTAB para mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos rasos em Caraguatatuba, Serra do Mar (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.29, p. 161-174, 2015.

PARTE 4



*Aplicações
na conservação
da natureza*

9 Cartografia geomorfológica do Parque Estadual do Camaquã (RS): subsídios à elaboração do zoneamento ambiental

Ândrea L. de Oliveira Lopes; Adriano Luís Heck Simon

Introdução

Ambientes costeiros são considerados frágeis devido a sua recente formação e consolidação inicial dos terrenos. Além do mais, as características do relevo desses ambientes (superfícies planas, com baixa declividade) viabilizam a ocupação por práticas agrícolas e urbanas, resultando em desequilíbrios ambientais.

A zona costeira do estado do Rio Grande do Sul é marcada pelo complexo lagunar Patos-mirim e se caracteriza pela morfogênese e morfodinâmica atreladas aos sistemas marinho e lagunar. De acordo com RADAMBRASIL (1986), o litoral do estado possui duas regiões geomorfológicas: a Planície Costeira Externa (onde predominam os processos marinhos) e a Planície Costeira Interna (com predomínio da dinâmica flúvio-lacustre).

Na margem oeste da Laguna dos Patos, em área de influência da Planície Costeira Interna, são encontradas importantes feições e fenômenos geomorfológicos, a exemplo do delta intralagunar do rio Camaquã.

Devido a sua significativa beleza cênica e relevância ambiental, em 12 de março de 1975, por meio do decreto de lei estadual 23.798 (SEUC/RS), foi criado o Parque Estadual do Camaquã. Nos limites dessa unidade de conservação integral da natureza encontram-se inseridos o delta intralagunar do rio Camaquã, superfícies arenosas e o conjunto de áreas úmidas (regionalmente denominadas de banhados) que abrigam alta produtividade biológica.

A compreensão dos ambientes deltaicos é uma tarefa complexa, afinal estes sistemas são altamente instáveis e dinâmicos (SUGUIO, 2003). Nesse sentido, a

cartografia geomorfológica evolutiva ganha destaque como técnica capaz de identificar e prever a morfodinâmica destes sistemas (TORRES, 2010; POLIZEL, 2014).

A cartografia geomorfológica tem como objetivo realizar uma representação gráfica do relevo e dos processos a ele atrelados, a partir da integração de aspectos morfométricos, morfológicos, morfodinâmicos, morfocronológicos, morfoestruturais e antropomorfológicos (TRICART, 1965; SIMON, 2007; CUNHA, 2001; PEÑA-MONNÉ, 1997).

O mapeamento do relevo permite distintas aplicações: identificação de ameaças ambientais, ordenamento do território, reconstrução paleoambiental, na geoarqueologia e no planejamento de áreas protegidas (PEÑA-MONNÉ, 1997). Além de contribuir para os estudos da paisagem, atualmente os mapas geomorfológicos são utilizados também para a construção de zoneamentos agrícolas/urbanos e no zoneamento de ambientes costeiros como suporte ao planejamento territorial e ambiental (FLORENZANO, 2008).

Cunha (2011) destaca que diante da variabilidade de formas e processos geomorfológicos que se fazem presentes no litoral brasileiro, seria impossível construir uma normatização individual de procedimentos e metodologias de mapeamentos geomorfológicos, pois estas seriam incompletas ou parciais.

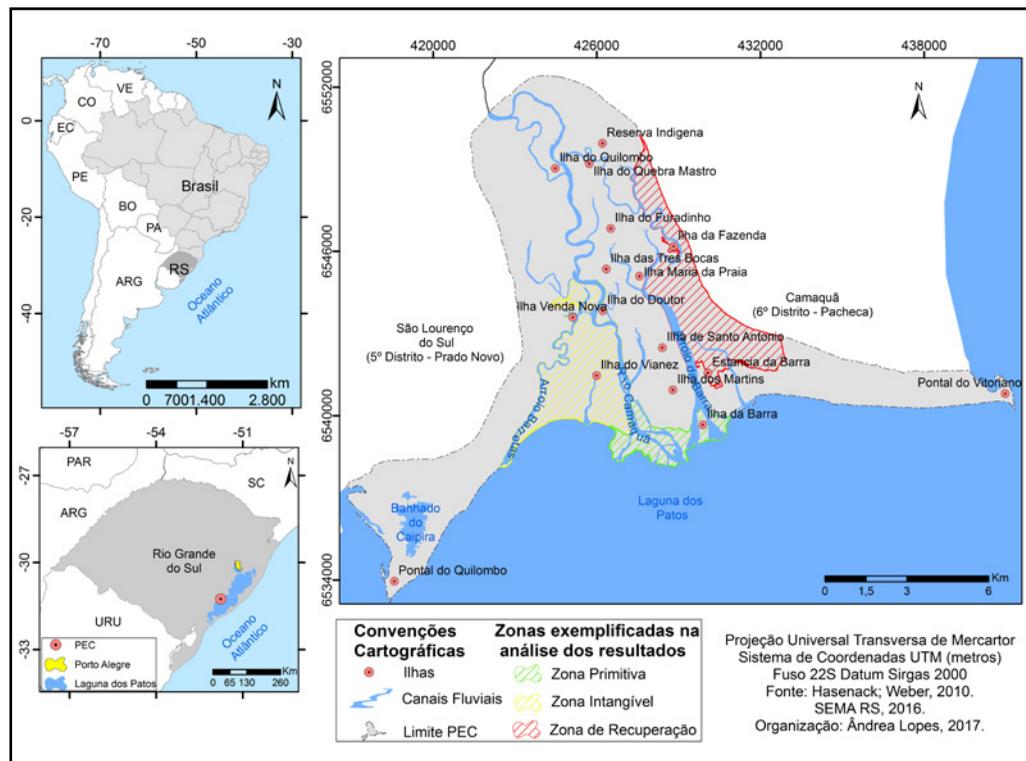
A cartografia do relevo voltada para ambientes litorâneos, em especial em ambientes deltaicos, ainda é bastante escassa. Porém, é sabido que a cartografia geomorfológica corresponde a uma eficiente técnica voltada para o conhecimento geomorfológico e sua complexidade é explicada pelo próprio objeto de análise e representação (ROSS, 2010).

Diante dessas considerações iniciais, esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de identificar e analisar as principais formas do relevo do Parque Estadual do Camaquã, a partir da cartografia geomorfológica evolutiva, com a finalidade de subsidiar o reconhecimento e a proposição de unidades ambientais homogêneas voltadas ao zoneamento ambiental.

O Parque Estadual do Camaquã se localiza entre os municípios de Camaquã e São Lourenço do Sul (estado do Rio Grande do Sul, Brasil) (Figura 01) e possui uma extensão territorial aproximada de 123,08 km². Assenta-se sobre três unidades geológicas: Depósitos de Planície Lagunar compostas por areia siltico-argilosa, Depósitos Deltaicos compostos por areia siltico-argilosa, silte e argila com restos orgânicos e Depósitos de Praias e Cristas Lagunares, compostos por areias quartzosas finas a muito finas e bem selecionadas (WILDNER, et al 2005). A área se insere na Unidade Geomorfológica da Planície Lagunar, abrangida pela Região Geomorfológica da Planície Costeira Interna (RADAMBRASIL, 1986).

Figura 1: Localização do Parque Estadual do Camaquã.

Fonte: Organizado pelos autores



O clima regional, de acordo com a classificação de Köppen (1931), se enquadra como Temperado Úmido (Cfa), com precipitações médias entre 1.150mm a 1.300mm, e média anual de 1.213mm. A temperatura apresenta média anual de 18,8°C, com média das máximas de 23,6°C e média das mínimas de 14,5°C. A umidade relativa do ar varia entre 73% a 84%, com média anual de 79% (INMET, 1931/1990 *apud* HANSEN, 2007).

As condições geológico-geomorfológicas condicionadas ao clima descrito contribuem para a organização de formações arbóreas de restinga e áreas úmidas inconsolidadas, com fitofisionomias típicas do Bioma Pampa em transição com remanescentes de Mata Atlântica.

Materiais e métodos

A elaboração dos mapas geomorfológicos do Parque Estadual do Camaquã ocorreu a partir da interpretação de produtos de sensoriamento remoto e da vetorização dos fenômenos identificados no software ArcGis (versão 10.1, licença de uso do Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física da Universidade Federal de Pelotas – LEAGEF/UFPel).

Primeiramente foi organizada a base cartográfica contendo informações de quatro cartas topográficas: Folhas Guaraxaim (SH.22-Y-D-II-2) e (SH.22-Y-D-II-4),

Folha Pacheca (SH.22-Y-D-II-1) e Folha São Lourenço do Sul (SH.22-Y-D-II-3), todas com escala de 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010).

Para a confecção do mapa geomorfológico do ano de 1964 foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas do Levantamento Aerofotogramétrico do Rio Grande Sul disponibilizadas pela Secretaria de Planejamento do Rio Grande do Sul (SEPLAN-RS), na escala aproximada de 1:40.000, obtidas nos dias 04 e 05 de dezembro do ano de 1964. Foram utilizadas 11 fotografias aéreas pertencentes às faixas dos voos 215 (fotografias 01, 02, 03 e 04), 216 (fotografias 26, 27, 28, 29, e 30) e 221 (fotografias 35 e 36). Sequencialmente procedeu-se a geração dos anaglifos digitais tridimensionais, utilizando a sobreposição de pares de fotografias estereoscópicas através do programa *StereoPhoto Maker*, de acordo com as orientações de Souza (2012).

Para a elaboração do mapa geomorfológico do ano de 2012 foram utilizadas quatro imagens do satélite RapidEye disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (Geocatálogo MMA). As referidas imagens possuem resolução espacial de 5m e resolução radiométrica de 12bits e foram obtidas em 28 de março de 2012.

ORGANIZAÇÃO DA LEGENDA DOS MAPEAMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DO PARQUE ESTADUAL DO CAMAQUÃ (1964-2012)

Cada país e região requerem uma legenda de mapeamento geomorfológico própria. Em várias situações, as legendas se constituem da mescla entre sistemas já existentes, realizando adaptações às características físico-ambientais locais (PEÑAMONNÉ, 1997).

A organização da simbologia utilizada na presente pesquisa pautou-se na proposta de mapeamento geomorfológico voltada à gestão ambiental elaborada por Cunha (2001), a partir da associação de metodologias tradicionais de mapeamento: o método francês de Tricart (1965) e o método ITC (*International Institute for Aerial Surveys and Earth Sciences*) dos holandeses Verstappen; Zuidan (1975). Esta proposta possibilitou identificar as feições geomorfológicas naturais e antropogênicas e analisar as alterações temporais que ocorreram entre os cenários mapeados.

Cunha (2001) explica as principais diferenças nos mapeamentos propostos por Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975) apontando para a distinção no agrupamento dos símbolos utilizados na representação das feições do relevo. Tricart (1965) agrupa a maioria de seus símbolos em conformidade com os tipos de formas, sendo os grandes grupos de sua classificação: as formas de vertentes e ação das águas correntes e as feições litológicas.

Para Verstappen; Zuidan (1975), as feições são agrupadas de acordo com sua origem destacando as formas de origem denudativa e as formas de origem fluvial. Os autores citados também incluem em sua classificação a morfometria e a topografia.

A associação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975) vem sendo utilizada em pesquisas que envolvem a cartografia geomorfológica em diferentes ambientes e categorias espaciais de análise, como em bacias hidrográficas (SIMON, 2010), ambientes litorâneos e lagunares (CUNHA e SOUZA, 2010; SIMON e SILVA, 2015) unidades político-administrativas (SATO e CUNHA, 2013) e unidades de conservação (SILVA, 2016).

Cabe salientar que essa associação de métodos e símbolos ainda não havia sido aplicada em análises espaço-temporais num contexto de ambientes deltaicos, onde os aspectos morfodinâmicos se configuram, e um período de tempo histórico.

Para a presente análise as categorias “Ação das Águas Correntes” (TRICART, 1965) e as “Formas de Origem Fluvial” (VERSTAPPEN; ZUIDAN, 1975) foram agrupadas em um único grupo: Ação das Águas Correntes e Formas de Origem Flúvio-lacustre, abrangendo as feições hidrográficas, e as formas de acumulação. Esse agrupamento se deu em função da importância e da diversidade das formas resultantes da ação fluvial encontradas na área de estudo bem como das formas de acumulação flúvio-lacustres atreladas à dinâmica deltaica.

As Paleoformas incluem as feições resultantes da ação das águas correntes em períodos pretéritos, que, no caso da área de estudo, são atribuídas à ação fluvial, marítima e lagunar atuantes na conformação do sistema lagunar Patos-Mirim, onde se insere a área em estudo.

O Modelado Antrópico (TRICART, 1965) refere-se às formas resultantes de processo de ocupação espacial da área. O resultado da associação das duas propostas metodológicas de mapeamento geomorfológico, aplicadas ao delta intralagunar do rio Camaquã, pode ser verificado na Figura 2.

Figura 2: Legenda dos mapas geomorfológicos do Parque Estadual do Camaquã.

Fonte: Organizado pelos autores

LEGENDA					
1. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E FORMAS DE ORIGEM FLÚVIO-LACUSTRE			3. MORFOMETRIA		
A. Feições Hidrográficas		B. Formas de Acumulação		×	Pontos Cotados
	Canais Fluviais		Barras de Meandro	4. MODELADO ANTRÓPICO E ALTERAÇÕES NA TOPOGRAFIA	
	Canais Pluviais		Cordões Arenosos		Canais Retificados Ativos
	Canais Abandonados		Faixa de Praia Lagunar		Canais Retificados Inativos
	Canal Abandonado Alagado		Planície Flúvio-lacustre	5. CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS	
	Lago de Meandro	2. PALEOFORMAS			Limite Parque Estadual do Camaquã
	Meandro Abandonado		Paleocordões Arenosos		Ilhas do Camaquã

Em razão das dimensões dos documentos cartográficos elaborados e da complexidade da simbologia utilizada para a representação feições do relevo (cores, tramas, espessura e tamanho dos polígonos), optou-se por não apresentar os mapas geomorfológicos em sua integralidade na análise dos resultados. A apresentação dos resultados dos mapeamentos geomorfológicos ocorreu a partir da seleção de três unidades de zoneamento (zona intangível, zona primitiva e zona de recuperação), identificadas na Figura 1, onde a análise geomorfológica foi decisiva para sua definição.

Análise dos resultados

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO PARQUE ESTADUAL DO CAMAQUÃ (1964 - 2012)

A análise geomorfológica do Parque Estadual do Camaquã foi realizada com a finalidade de caracterizar as feições morfohidrográficas presentes na área em estudo, considerando a estrutura e ordem da legenda apresentada na Figura 2. Posteriormente, ocorreu a exemplificação da aplicação da análise geomorfológica na definição de três unidades do zoneamento ambiental propostas para a unidade de conservação em questão.

Foram identificadas as seguintes formas do relevo no Parque Estadual do Camaquã: planície flúvio-lacustre, terraço flúvio-lacustre, faixa de praia lagunar, cordões arenosos e paleocordões arenosos (Figura 2). Também foram identificadas as seguintes formas e tipologias hidrográficas: canais fluviais, canais pluviais, canais abandonados, meandros abandonados, barras de meandro e ainda os canais retificados (ativos e inativos).

O grupo **Ação das Águas Correntes e Formas de Origem Flúvio-lacustre** refere-se ao conjunto de feições morfohidrográficas representadas pelos elementos da rede de drenagem como canais fluviais e pluviais, e formas de acumulação, onde os canais fluviais de maior grandeza atuam na conformação espacial do sistema deltaico (Figura 3 A e B).



Figura 3: Registros fotográficos das principais feições geomorfológicas do PEC. (A e B) vista aérea do delta e seus distributários, além da planície deltaica; (C) comportamento meândrico do rio Camaquã à montante do delta e características das barras de meandros; (D) faixa de praia lagunar do PEC; (E) superfície de planície flúvio-lacustre coberta com vegetação higrófila adaptada ao regime hídrico local; (F) paleocordões arenosos e vegetação arbórea típica desse tipo de formação; (G) área de transição entre as superfícies de planície flúvio-lacustre (direita) para paleocordões arenosos (esquerda). (H) Canal retificado ativo para a irrigação das canchas de arroz; (I) Bomba de captação da água do rio Camaquã para o abastecimento das canchas de arroz irrigado. **Fonte:** (D, E, F, G e I) Ândrea Lopes, 2016; (A e H) Adriano Kath, 2016; (B e C) Centro Estudos Ambientais/RS, 2015.

O comportamento migratório dos canais fluviais é uma característica marcante do sistema deltaico do PEC. Dessa dinâmica de migração resulta em uma diversidade de feições fluviais como os canais abandonados de diferentes expressões espaciais, meandros abandonados com e sem presença de lâmina de água devido à proximidade do lençol freático com a superfície.

Os canais abandonados de forma geral se apresentam em constante interação com a rede de drenagem atual devido à sua proximidade com cursos de água de maior porte, abrigando canais pluviais ou até mesmo fluviais de menor grandeza espacial que em épocas de muita precipitação, com o consequente extravasamento fluvial na planície deltaica, acabam por contribuir ativamente com o escoamento superficial.

As formas de acumulação são as fisionomias resultantes dos processos deposicionais comandados pela morfodinâmica das águas correntes e dos corpos lacustres. As barras de meandros correspondem aos bancos arenosos construídos pelo rio através da deposição no lado interno da curvatura da drenagem (Figura 3C) e resultam dos materiais mobilizados dos bancos de solapamento situados à montante ou ainda da remobilização do material arenoso adjacente, como os cordões arenosos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os cordões arenosos são formações comuns em sistemas deltaicos e lagunares (SUGUIO, 2003). No PEC essas faixas de depósitos de sedimentos arenosos se manifestam paralelas à linha de costa lagunar e se apresentam geralmente descobertas. Por possuírem material sedimentar grosseiro sofrem pouca remobilização eólica.

A faixa de praia lagunar é a extensão ativa de areia que sofre interferência direta da morfodinâmica praial da Laguna dos Patos (Figura 3D). No PEC essa superfície é uma das áreas mais expostas a impactos antropogênicos vinculados às atividades de turismo ou pesca. Além disso, tais superfícies estão condicionadas à progradação deltaica em direção à Laguna dos Patos (Figura 3D).

A faixa praial abrange as barras de desembocadura do rio Camaquã e demais distributários. Essas barras de desembocadura são caracterizadas por sedimentos acumulados pelo fluxo fluvial que ao entrarem em contato com a Laguna dos Patos são depositadas formando soleiras que atuam diretamente na progradação deltaica.

As superfícies de planície flúvio-lacustre se referem às áreas baixas e planas que sofrem influência da dinâmica fluvial do rio Camaquã e eventualmente da dinâmica lagunar, podendo ser denominadas também como planície deltaica de inundação (ROSSETTI, 2008). Essas superfícies são periodicamente alagadas pelo extravasamento fluvial da rede de drenagem que compõe o sistema deltaico (Figura 3E).

Os compartimentos de terraços flúvio-lacustres compreendem os modelados de acumulação que apresentam formas planas, levemente inclinadas em direção às planícies flúvio-lacustres, se conectando às mesmas a partir de rupturas de declive bem demarcadas na paisagem.

Na área de estudo os terraços flúvio-lacustres se localizam no limite leste do parque e apresentam um quadro de ocupação agrícola delineado pelas plantações de arroz irrigado. De forma geral essas superfícies foram severamente descaracterizadas por aplainamentos, correção de irregularidades e aterramentos, visando ao seu aproveitamento para práticas agrícolas.

As **paleoformas** compreendem os paleocordões arenosos que são detritos acumulados no ambiente costeiro, oriundos da dinâmica marítima ou lacustre em períodos pretéritos (Figura 3F). Os paleocordões do sistema deltaico do rio Camaquã

estão organizados, de forma geral, paralelos à costa lagunar e apresentam um grau de ocupação significativo principalmente na ilha de Santo Antônio (Figura 1), onde ocorre uma aglomeração urbana e pequenas instalações agrícolas.

Os paleocordões arenosos encontrados no Parque Estadual do Camaquã possuem diferentes sentidos de deposição, pois estes provavelmente estiveram submetidos a morfogêneses e morfodinâmicas marinhas e lagunares, anteriores ao processo de colmatação que os isolaram das formas atuais de acumulação presentes no sistema deltaico do rio Camaquã. Essas feições se encontram em estágio avançado de arrasamento pluvioerosivo, formando, em muitos setores, fases iniciais de superfícies de planície fluviolacustre (Figura 3G).

O **modelado antrópico** está representado pelos canais retificados construídos para irrigação das plantações de arroz irrigado (Figura 3H). De acordo com os mapeamentos geomorfológicos do PEC é possível constatar uma rede complexa de canais retificados que se comunicam com o rio Camaquã e demais distributários tanto no entorno do delta como no interior das ilhas.

O cultivo do arroz irrigado tem causado alterações sobre as feições geomorfológicas e à rede de drenagem do sistema deltaico inserido no PEC. Além disso, para o cultivo de arroz são utilizadas técnicas que causam o aplainamento da superfície, descaracterizando o relevo local e compactando o solo. A análise geomorfológica do delta do rio Camaquã evidenciou que as áreas de cultivo do arroz irrigado ocorrem com maior intensidade sobre as superfícies de terraço fluviolacustre, em contato com a zona de amortecimento.

As características do sistema deltaico do rio Camaquã, verificadas a partir dos mapeamentos geomorfológicos realizados (superfícies recentes, em consolidação, com significativa diversidade e dinâmica fluvial e submetidas a alterações causadas pelo processo de ocupação da área), subsidiaram a delimitação de zonas ambientalmente homogêneas que compõem a proposta de zoneamento ambiental do Parque Estadual do Camaquã.

Para este trabalho foram selecionados três exemplos das zonas ambientalmente homogêneas definidas para a área em estudo (zona intangível, zona primitiva e zona de recuperação), a fim de demonstrar como a análise das alterações geomorfológicas oriunda dos mapeamentos elaborados subsidiou a delimitação e definição destas zonas.

- **Zona intangível:**

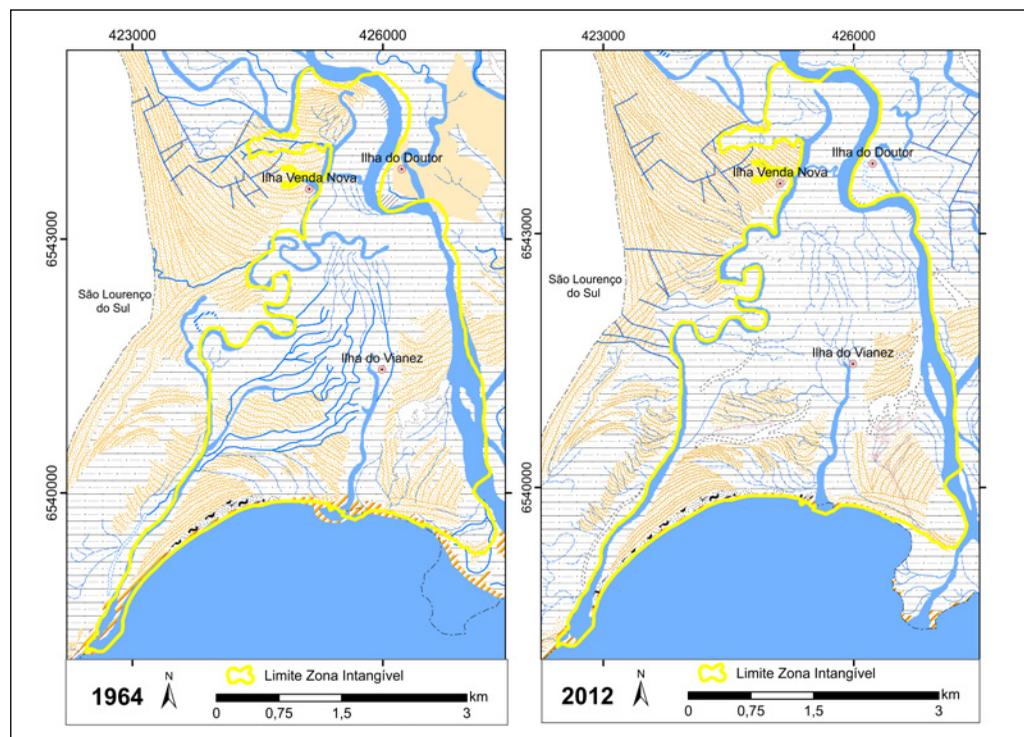
A zona intangível corresponde às áreas onde a natureza permanece mais próxima de seu estado original e distante das principais vias de acesso e vetores de ocupação (IBAMA, 2002). No Parque Estadual do Camaquã as Zonas Intangíveis foram delimitadas de acordo com a integridade das características geomorfológicas,

a fragilidade das superfícies, a dinâmica da rede de drenagem e de acordo com a manutenção das coberturas da terra.

A zona intangível utilizada como exemplo neste trabalho abarca a ilha do Vianez, desde a margem da Laguna dos Patos até a confluência do arroio Barretas com o rio Camaquã (já na porção central do PEC) (Figura 1 e Figura 4).

Figura 4: Fragmento dos mapas geomorfológicos (1964 – 2012) do Parque Estadual do Camaquã – destaque para o limite da zona intangível 1, salientando suas características de fragilidade. A legenda pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Organizado pelos autores



Essa zona possui a maior parte de sua superfície formada por planícies fluvio-lacustres com a presença de meandros e canais abandonados. Ocorre forte migração de canais fluviais, identificada a partir dos mapeamentos geomorfológicos. Trata-se de uma zona rica em áreas arenosas expostas assentadas sobre superfícies de paleocordões arenosos e uma faixa praial que apresentou pouca alteração espacial (Figura 4).

Essa zona foi delimitada como zona intangível, pois durante a análise dos mapas geomorfológicos dos anos de 1964 e 2012 (Figura 4) manteve a integridade das superfícies de planície fluvio-lacustre. Além disso, nessa zona ocorreu um processo de abandono de canais fluviais, contribuindo para a organização de canais abandonados, meandros abandonados e o aumento no número de canais pluviais, evidenciando sua fragilidade. A dinâmica fluvial ocasionou também o rompimento de barras de desembocaduras que se formaram na foz dos cursos fluviais de maior expressão e que desaguavam na Laguna dos Patos.

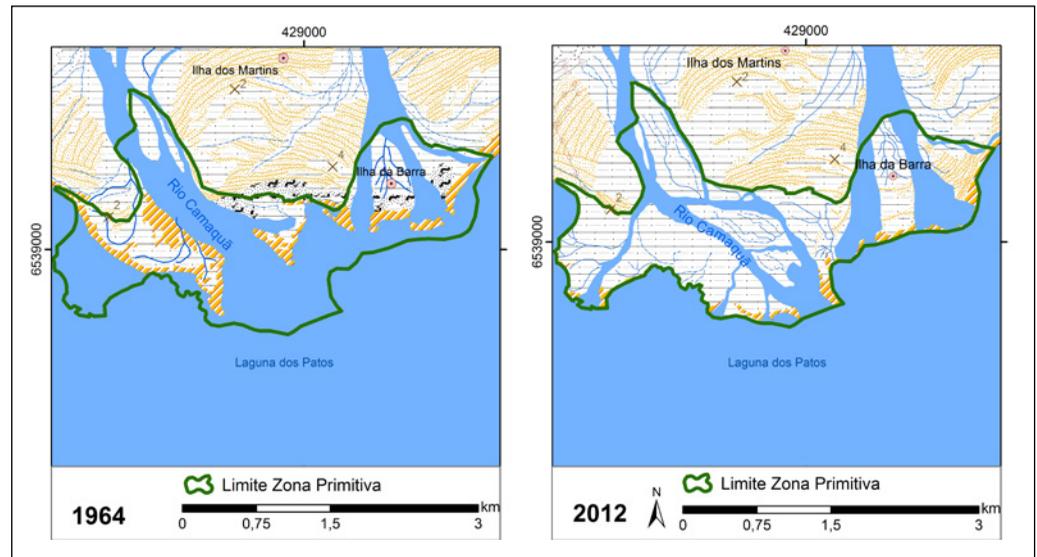
- **Zona primitiva:**

As zonas primitivas se caracterizam por pequenas ou mínimas intervenções humanas, contendo espécies da flora e da fauna ou fenômenos naturais de grande valor científico (IBAMA, 2002).

No caso do Parque Estadual do Camaquã a delimitação dessas zonas procurou considerar fenômenos geomorfológicos de grande relevância, como a dinâmica da frente deltaica (Figura 5), que se caracteriza pela expansão territorial do PEC adentrando a Laguna dos Patos em decorrência do processo de progradação deltaica.

Figura 5: Fragmento dos mapas geomorfológicos (1964 – 2012) do Parque Estadual do Camaquã, com destaque para o limite da zona primitiva 1, salientando a dinâmica e consequente evolução espacial da frente deltaica do rio Camaquã em um período de tempo histórico. A legenda pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Organizado pelos autores



Nessa zona também foi evidenciada a ramificação no canal principal do rio Camaquã e do arroio da Barra, atuando na consolidação de áreas recentes de planície fluviolacustre entre os canais distributários do delta. Essas áreas atuaram na conformação de novas ilhas onde se estabeleceram novos povoamentos vegetais marcando a relação sistêmica entre a geomorfologia e a dinâmica de coberturas da terra.

A Zona Primitiva também sofre interferência direta dos processos lacustres locais (ação das ondas, ressacas e das eventuais marés), sendo frágil no que diz respeito a sua consolidação geológica e geomorfológica.

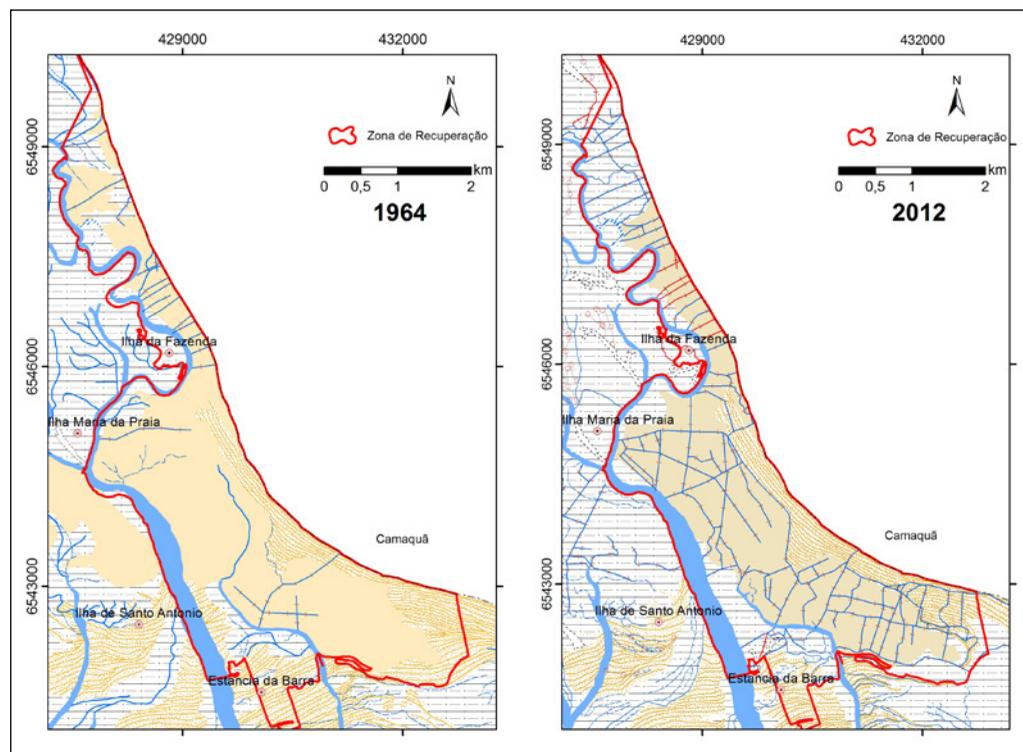
- **Zona de recuperação:**

As zonas de recuperação são constituídas, em sua maior parte, por ambientes fortemente alterados e impactados e que devem ser recuperados, chegando o mais próximo de suas características originais (IBAMA, 2002).

A Zona de Recuperação evidenciada nesta análise é a mais impactada das áreas sujeitas à recuperação e delimitadas no Zoneamento Ambiental do Parque Estadual do Camaquã. Localiza-se na porção leste do parque (Figura 1), onde as práticas agrícolas voltadas ao cultivo do arroz irrigado se fazem de maneira mais incisiva, conforme constatado nos mapeamentos geomorfológicos e nos trabalhos de campo (Figura 3 e Figura 6).

Figura 6: Fragmento dos mapas geomorfológicos (1964 – 2012) do Parque Estadual do Camaquã, com destaque para o limite da zona de recuperação 2, evidenciando a evolução dos canais retificados nas superfícies de terraço fluviolacustre em contato com a zona de amortecimento. A legenda pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Organizado pelos autores



Nessa zona, as lavouras de arroz irrigado se desenvolveram sobre superfícies de terraços fluviolacustres e de paleocordões arenosos. Para o desenvolvimento dessa prática agrícola foi necessária a criação de um sistema de canais retificados atrelados às canchas de cultivo (Figura 6) que acabaram por descaracterizar a rede de drenagem original nesse fragmento.

Cabe destacar que os canais retificados inativos caracterizam as áreas onde o cultivo do arroz irrigado não ocorre mais. Entretanto, mesmo com o abandono dessas práticas agrícolas, as alterações geomorfológicas causadas pela imposição de canais retificados interferem na morfodinâmica local exigindo formas de intervenção visando à recuperação.

Essa zona de recuperação se encontra sob forte pressão também em função das práticas agrícolas que ocorrem em seu entorno, pois está localizada em área limítrofe com a zona de amortecimento. Na zona de amortecimento são ainda mais intensas as práticas atreladas ao cultivo do arroz irrigado, como a drenagem de áreas úmidas, a captação de água por meio de bombas de sucção (Figura 3I), canais retificados ligados aos canais fluviais localizados no interior da UC e reservatórios.

Assim, nessa zona a contribuição da cartografia geomorfológica do Parque Estadual do Camaquã se deu principalmente na identificação dos canais retificados, ativos e inativos, evidenciando o grau de ocupação agrícola no interior do parque e salientando a necessidade de recuperação das áreas mais atingidas.

Considerações finais

Apesar de ser uma unidade de conservação ambiental integral o Parque Estadual do Camaquã vem sendo explorado por atividades agrícolas voltadas ao cultivo do arroz irrigado e à criação de bovinos. Tais atividades têm descaracterizado superfícies de planície fluviolacustre e terraço fluviolacustre que compõem um importante sistema deltaico, dinamizado processos erosivos e provocando alterações na rede de drenagem para a manutenção de reservatórios no entorno da unidade de conservação, ocasionando modificações na configuração deltaica.

Diante das apropriações e ocupações às quais o PEC está submetido, fica evidente a necessidade de proteção desse ambiente a partir da implementação do zoneamento ambiental, promovendo a recuperação das áreas mais afetadas, como é o caso da zona de recuperação, bem como a definição de estratégias de proteção das áreas que ainda mantêm sua geodiversidade preservada, evitando o avanço das pressões atreladas aos usos da terra e que podem ampliar os conflitos com as feições do relevo que ainda se encontram bem conservadas.

Os mapas geomorfológicos elaborados se constituíram em importantes fontes de informação sobre a conjuntura geomorfológica, bem como sobre as principais alterações ocorridas na dinâmica morfohidrográfica, subsidiando fortemente a delimitação das unidades de zoneamento, bem como as orientações no que se refere ao planejamento e gestão ambiental.

Referências

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Programa de Integração Regional. **RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. v. 33.
- CAMARGO, J. C. G; TROPMAIR, H. A evolução da biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil. **Geografia**, v. 27, n. 3, p. 133-156, 2002.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- CUNHA, C. M. L. da **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. Rio Claro, 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CUNHA, C. M. L. da. **A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas**. Rio Claro, 2011. 105p. Tese de Livre Docência – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.
- CUNHA, C.M.L; SOUZA, T. de A. **A cartografia do relevo de áreas de sedimentação recente: o caso do litoral sul Paulista**. São Paulo, UNESP, Revista Geociências, v. 29, n. 2, p. 187-199, 2010.
- FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: Tereza Florenzano G. (org.) **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico - geomorfológico**. 2. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: IBGE / Conselho Nacional de Geografia, 1966. XVI, 411 p.
- HANSEN, M. A. F. **Unidades de Conservação Ambiental: Delta do Camaquã e Matas e Banhados da Pacheca, RS (estudo de caso)**. Ed. Unisinos: 2007. 256p.
- HASENACK, W; WEBER, E. **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul**. Escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2010.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 2002. **Roteiro Metodológico de Planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica**. Brasília, ED. IBAMA 136p.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

LOPES, Â. L. de O. **Zoneamento Ambiental do Parque Estadual do Camaquã/RS: Subsídios ao Plano de Manejo**. 2017, 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

PEÑA MONNÉ, J. L. **Cartografía geomorfológica básica y aplicada**. Geoforma Ediciones, 1997.

POLIZEL, S. P. Caracterização Morfológica do delta do Rio Doce (ES) com base na análise Multissensor. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, V. 15, n. 2, (abr-jun) p.311-326, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual 23.798, 12 de março de 1975**. Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1975/dec_23798_1975_criaparquesestaduais_reservasbiologicas_rs.pdf> Acesso em: 10 abr 2015.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8º ed. São Paulo: Contexto, 2010.

ROSSETTI, D. F. Ambientes Costeiros. In: FLORENZANO, Tereza G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008 p. 247-283.

SATO, S.E.; CUNHA, C.M.L. (2013) – **Carta de unidades geoambientais do Município de Itanhaém, São Paulo, Brasil**, Revista da Gestão Costeira Integrada,13(3):329-342. DOI: 10.5894/rgci409.

SILVA, P. F. **Identificação e Análise de Tipologias Morfo-Fitogeográficas na Reserva Biológica do Mato Grande, Arroio Grande/ RS**. 120p. Dissertação de Mestrado em Geografia, ICH/UFPel, Pelotas, 2016.

SIMON, A.L.H. **Influência do Reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do Rio Piracicaba – SP. contribuições à geomorfologia**

antropogênica. Rio Claro, 2010, 150p. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SOUZA, T. A. **Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico.** Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.1348 – 1355, 2012.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: editora Edgar Blücher Ltda, 2003. 400p.

TORRES, A. **A formação de um delta em 700 anos.** Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do território, Universidade de Lisboa. 2010.

TRICART, J. **Principles y Méthodes de la Geomorphologie.** Paris: Maisson, 1965. 496 p.

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAN, R. A. van. ITC **System of geomorphological survey.** Manual ITC Textbook, Netherlands: Enschede, 1975, v. 1, cap. 8.

WAECHTER, J. L. 1985. **Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil.** Comun. Mus. Ciênc. PUCRS, Sér. Bot., (33):49-68.32.

WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. da C. & IGLESIAS, C. M. da F. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 mapa color. 110 x 166 cm. Escala 1:750.000. (Projeto Mapas Estaduais – PME). CD-ROM.

10 **Análise do relevo antropogênico voltado à geoconservação: estudo no Geossítio Minas de Camaquã – RS**

Maurício Mendes Von Ahn; Adriano Luís Heck Simon

Introdução

O conceito de geodiversidade e o reconhecimento de geossítios possuem suas raízes no patrimônio geológico (JOHANSSON et al., 1999; STANLEY, 2001). As abordagens que consideram os elementos geomorfológicos no estudo da geodiversidade são recentes (REYNARD et al., 2007; PEREIRA et al., 2013; REYNARD et al., 2016), e os estudos sobre geodiversidade que consideram as formas criadas pelo homem são ainda mais incipientes. Serrano (2002); Kozłowski (2004); Serrano e Ruiz-Flaño (2007) consideram não somente a diversidade geológica, mas também a variedade da natureza geomorfológica natural e antropogênica enquanto componentes da geodiversidade.

A geoconservação abrange o conjunto de estratégias para a proteção da geodiversidade (SHARPLES, 2002; BRILHA, 2005). Tem como objetivo preservar as ocorrências geológico-geomorfológicas resultantes de processos naturais e/ou antrópicos, que possuem inegável valor científico, pedagógico, cultural ou turístico: os geossítios e geomorfossítios (BRILHA, 2005, pg. 45). O conjunto dos geossítios e geomorfossítios de determinado território representa o seu geopatrimônio.

Carton et al. (2005) propõem diretrizes para a identificação e avaliação de geossítios e geomorfossítios a partir da elaboração de mapas geomorfológicos. Apontam que a representação cartográfica desses espaços é pouco explorada apesar de relevante, assumindo-se na atualidade como um problema para quem trabalha com a temática da geodiversidade e da geoconservação. O objetivo mais importante na cartografia de geossítios e geomorfossítios é permitir uma percepção imediata da distribuição das formas do relevo no território, tanto ao pessoal técnico quanto à população em geral (CARTON et al., 2005).

Estudos pioneiros realizaram a representação cartográfica de geossítios e geomorfossítios a partir da elaboração de mapas geomorfológicos (ZOUROS, 2005; SANTOS, 2016), mapas de geomorfossítios (PEREIRA, 2006; REYNARD et al. 2007) e mapas de patrimônio geomorfológico (ZOUROS, 2005; PEREIRA, 2006). Contudo tais estudos se pautaram na representação de locais sob escassa pressão de mecanismos de controle antrópico.

Considera-se que geossítios e geomorfossítios reconhecidos pela forte intervenção antrópica na constituição de morfologias antropogênicas também devam ser representados cartograficamente para fins de planejamento, gestão e valorização de seu geopatrimônio. Nestas áreas a ação antrópica produziu um conjunto de antropofomas capazes de subsidiar interpretações sobre a história da Terra em um período recente, onde as escalas de tempo geológica e histórica (humana) se sobrepõem, na criação de formas e desenvolvimento de processos atrelados ao Antropoceno (ZALASIEWICZ et al., 2008).

A valorização da geodiversidade e a sistematização de estratégias de geoconservação são recentes no Brasil (década de 1990) (VON AHN et al., 2016). O Projeto Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP, foi pioneiro nessas ações e atuou na inventariação de sítios de interesse geológico e geomorfológico entre 1997 e 2012. O Programa Geoparques Brasileiros, vinculado ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), possui ações baseadas no programa *Geoparks* internacional, e também se destaca pela valorização e divulgação de sítios de interesse geológico-geomorfológico, a partir do geoturismo.

O SIGEP e a CPRM definem tipologias de geossítios e geomorfossítios baseadas nas suas características e valores para a geodiversidade. Estas tipologias abrangem locais de interesse geomorfológico atrelados às formas do relevo de origem antrópica, caracterizadas pelos geossítios em áreas de mineração a céu aberto.

A avaliação do patrimônio geomorfológico de origem antropogênica destes geossítios deve ocorrer a partir de mapas geomorfológicos, elaborados de acordo com a perspectiva da antropogeomorfologia, baseada nas propostas de Nir (1983) e Rodrigues (2005).

Nir (1983) explica que a análise antropogeomorfológica deve abranger a representação cartográfica das formas do relevo em períodos de pré e pós-significativas intervenções humanas; a análise da dinâmica socioeconômica; e a investigação dos ambientes antropogênicos. Rodrigues (2005) recomenda que os sistemas geomorfológicos antropogênicos sejam analisados em seus diversos estágios de intervenção antrópica (pré-perturbação, perturbação ativa e pós-perturbação), a fim de identificar a evolução do relevo antropogênico, subsidiando ações de planejamento a partir de indicadores das alterações ocorridas.

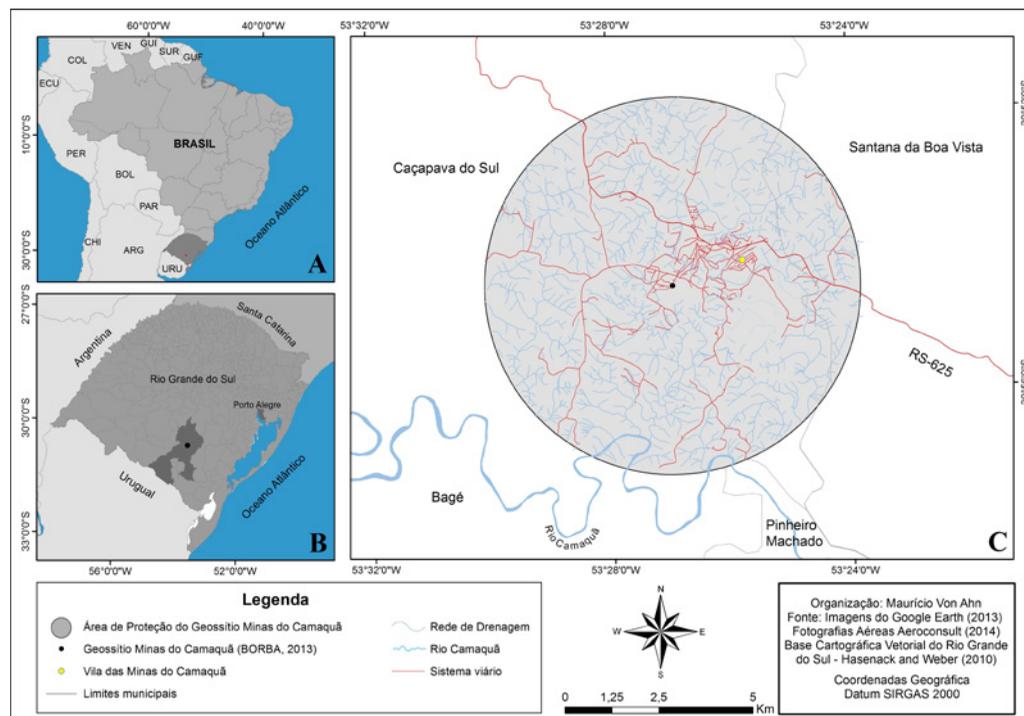
Portanto, os geossítios e geomorfossítios em áreas de mineração a céu aberto se tornam particulares também diante da abordagem antropogeomorfológica. Ao mesmo tempo em que a ação antrópica corrompeu o equilíbrio dinâmico desses sistemas, reconfigurando os processos geológico-geomorfológicos, a herança dessas intervenções pode ser caracterizada e analisada para a utilização do geopatrimônio antropogênico para fins pedagógicos, científicos, turísticos e culturais.

Diante destas considerações iniciais, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar e analisar as formas do relevo da Área de Proteção do Geossítio Minas do Camaquã (APGMC), com ênfase nas morfologias antropogênicas, a fim de subsidiar a conservação do patrimônio geomorfológico da área em estudo.

Apesar de estar orientado pelas propostas de Nir (1983) e Rodrigues (2005), este estudo realizou o mapeamento geomorfológico do estágio de pós-perturbação, posterior às intervenções antrópicas atreladas à mineração de cobre. Compreende-se que as formas pós-perturbação verificadas na APGMC são heranças cumulativas das atividades de mineração e da dinâmica de ocupação e uso das terras ocorrido na área e, portanto, podem atuar diretamente na promoção do seu patrimônio geomorfológico, a partir do significado que possuem para cada uma das etapas das atividades de mineração pretéritas desenvolvidas. A área de Proteção do Geossítio Minas do Camaquã (APGMC) se localiza na porção central do Estado do Rio Grande do Sul - Brasil (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da Área de Proteção do Geossítio Minas do Camaquã (APGMC).

Fonte: Autor



O ponto central tomado como base para definir a área de proteção do Geossítio Minas do Camaquã teve como base os estudos de Borba (2013), que realizou um trabalho de inventariação de 46 geossítios componentes do geopatrimônio do município de Caçapava do Sul. A partir da posição central do geossítio definida pelo autor (30° 54' 31" S e 53° 26' 57" W) estabeleceu-se um raio de cinco quilômetros formando uma área circular que define o que neste trabalho é considerado como a área de proteção do Geossítio Minas do Camaquã. O estabelecimento dessa área considerou a organização espacial do conjunto de morfologias naturais e antropogênicas submetidas a um processo histórico de ocupação, condicionado pelas atividades de mineração de cobre.

A APGMC está inserida na Bacia Sedimentar do Camaquã (Paim et al., 2000). De acordo com a evolução geológica proposta por Bicca et al. (2013), as rochas que afloram na região são pertencentes ao Alogrupo Santa Bárbara (depositado entre 574 e 549Ma.), e ao Alogrupo Guaritas (depositado entre 535 e 510 Ma.), assentadas sobre uma discordância angular regional que representa uma das fases erosivas ocorridas na área (Paim et al., 2000).

As fitofisionomias presentes na APGMC se inserem nos domínios do Bioma Pampa (IBGE, 2004; LEITE, 2002). Este bioma constitui uma das regiões do mundo mais ricas em gramíneas, com uma mistura de espécies microtêrmicas e megatêrmicas, com predomínio das últimas (BURKART, 1975).

Materiais e métodos

A proposta deste trabalho se fundamenta na valorização e no aproveitamento das formas do relevo antropogênicas enquanto patrimônio geomorfológico atrelado à geodiversidade. Para isso, documentos que permitam a identificação desse patrimônio geomorfológico e sua organização espacial (como os mapas geomorfológicos) são fundamentais para a o planejamento de ações de valorização e utilização para fins geoturísticos, pedagógico/científicos e culturais.

Estudos de antropogeomorfologia vêm priorizando ações de planejamento ambiental em ambientes urbanizados (RODRIGUES, 2005; PELOGGIA, 2005); em unidades naturais como as bacias hidrográficas (RODRIGUES, 2006; SIMON, 2010); ou em áreas impactadas pela atividade minerária (MARSH, 1865; SHERLOCK, 1922; PASCHOAL, 2014; PASCHOAL et al., 2016); entretanto, pesquisas que relacionam a abordagem antropogeomorfológica e a geodiversidade constituem nova perspectiva para a geomorfologia. Elas devem considerar não somente a caracterização e recuperação das áreas impactadas pela mineração, mas também a identificação, valorização e o aproveitamento das formas do relevo de origem antrópica enquanto patrimônio geomorfológico.

A identificação das formas do relevo na APGMC se deu a partir do mapeamento geomorfológico realizado em meio digital, a partir das orientações de Cunha (2001) e Simon (2007, 2010) que se pautaram em uma adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975). A organização da simbologia para a representação das feições geomorfológicas se deu em uma única legenda, a fim de propiciar maior legibilidade e entendimento dos dados representados (Figura 2).

Cunha (2001) considera que a adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975) pode se adequar aos contextos ambientais aos quais o mapeamento geomorfológico é aplicado, atendendo aos princípios da gestão ambiental. Isso se torna relevante quando a aplicação do mapeamento geomorfológico ocorre em um geossítio ou geomorfossítio, enquanto subsídio à geoconservação. Foram selecionadas ainda simbologias adequadas à representação das feições antropogênicas propostas por Paschoal (2014) e Von Ahn (2015), que realizaram seus mapeamentos e análises geomorfológicas em áreas de mineração.

A elaboração do mapa geomorfológico ocorreu a partir da interpretação de anaglifos digitais tridimensionais derivados de fotografias aéreas coloridas, em escala aproximada de 1:25.000, obtidas no período de junho e julho de 2004 pela AERO-CONSULT Ltda. e cedidas pela Fibria Celulose. Foram selecionadas as seguintes faixas de voo: Faixa 28A (fotografias 10, 11, 12, 13, 14, 15); Faixa 29 (fotografias 12, 13, 14, 15, 16, 17) e Faixa 30 (fotografias 14, 15, 16). Os anaglifos tridimensionais foram georreferenciados junto à base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul, em escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010) no ambiente ArcGIS 10 com as devidas licenças de uso.

Foram realizados três trabalhos de campo nos dias 22 e 23 de fevereiro de 2014, 15 e 16 de novembro de 2014 e 03 e 04 de maio de 2015, que permitiram a atualização das informações geomorfológicas obtidas com base na interpretação das fotografias aéreas do ano de 2004. Por este motivo o mapeamento geomorfológico foi datado como referente ao ano de 2015, pois as alterações verificadas puderam ser atualizadas a partir dos trabalhos de campo.

Figura 2:
Estrutura e simbologias
da legenda do mapa
geomorfológico da
Área de Proteção do
Geossítio Minas do
Camaquã (APGMC).

Fonte: Autor

DADOS LITOLÓGICOS	Alogrupo Guaritas (470 +- 19 Ma)	Aloformação Varzinha fácies fluviais			Convenção Cartográfica	
		Aloformação Pedra Pintada fácies desérticas			Convenção Cartográfica	
		Aloformação Pedra Pintada fácies vulcânicas			Convenção Cartográfica	
	Alogrupo Santa Bárbara (559 +- 7 a 540 +- 11Ma)	Aloformação Serra dos Lanceiros			Convenção Cartográfica	
	Alogrupo Serro do Bugio (573 +- 18 a 559 +- 7Ma)	Aloformação Santa Fé fácies aluviais			Convenção Cartográfica	
Alogrupo Bom Jardim (592 +- 5 A 573 +- 18Ma)	Fácies Turbidíticas e de frente deltaica			Convenção Cartográfica		
FEIÇÕES ESTRUTURAIS	Falhas e fraturas			Convenção Cartográfica / Tricart (1965)		
	Patamar estrutural			Verstappen e Zuidam (1975)		
	Crista estrutural			Verstappen e Zuidam (1975)		
FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS	Vertente	Côncava			Verstappen e Zuidam (1975)	
		Convexa			Verstappen e Zuidam (1975)	
	Linha de cumeada	Aguda			Verstappen e Zuidam (1975)	
		Suave			Tricart (1965)	
	Feições topográficas e Morfométricas	Caimento topográfico			Tricart (1965)	
		Curva de nível			Convenção Cartográfica	
		Ponto cotado			Convenção Cartográfica	
	Formas localizadas	Colo topográfico			Tricart (1965)	
	Formas residuais	Morro testemunho			Tricart (1965)	
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial			Convenção Cartográfica / Tricart (1965)	
		Canal pluvial			Convenção Cartográfica / Tricart (1965)	
		Corpos de água			Convenção Cartográfica	
	Modelado de entalhe	Ruptura topográfica	Suave			Verstappen e Zuidam (1975)
			Íngreme			Verstappen e Zuidam (1975)
		Fundo de vale	Em V			Verstappen e Zuidam (1975)
			Fundo plano			Verstappen e Zuidam (1975)
	Formas de acumulação	Área de acumulação fluvial			Adaptado de Tricart (1965)	
MODELADO ANTRÓPICO	Mineração Inativa			Verstappen e Zuidam (1975)		
	Borda de colina de estéril derivada de atividade de mineração			Von Ahn (2015)		
	Taludes de colina de estéril derivada de atividade de mineração			Von Ahn (2015)		
	Patamares abruptos em cavas de mineração			Paschoal et al. (2010)		
	Cortes para vias de circulação			Tricart (1965)		
	Aterros para vias de circulação			Tricart (1965)		
	Taludes de aterramentos para vias de circulação			Von Ahn (2015)		
	Conduto			Verstappen e Zuidam (1975)		
	Cavas de mineração abaixo do nível do lençol freático			Paschoal et al. (2010)		
	Depósitos resultantes de Extração Mineral			Von Ahn (2015)		

Resultados e discussões

As formas do relevo identificadas na APGMC revelam um espaço organizado para a atividade de mineração que entrou em declínio e estagnação, deixando impressos na paisagem um conjunto de morfologias antropogênicas, oriundas de usos da terra que alteraram de forma significativa as coberturas vegetais naturais e as características geológicas e morfohidrográficas.

O mapeamento geomorfológico da APGMC (Figura 3) enfatizou as feições antropogênicas do relevo e considerou também suas relações com as formas resultantes

da morfogênese natural, como as feições estruturais, as formas de vertentes e interflúvios e as feições derivadas da ação das águas correntes.

Entretanto, para a presente análise foram selecionados dois setores onde predominam as feições antropogênicas que compõem o patrimônio geomorfológico atrelado à história da mineração: o Setor de Extração Mineral e o Setor de Deposição de Rejeitos, ambos identificados na Figura 3.

A análise desses setores foi realizada em conjunto, a partir da interpretação das morfologias criadas em função da execução do plano de lavra a céu aberto, que envolve três operações principais: (a) escavação ou desmonte, (b) carregamento e transporte e (c) descarga (FERREIRA, 2013). Tais operações foram responsáveis pela criação das morfologias antropogênicas presentes na APGMC.

A etapa de escavação ou desmonte resultou na criação de patamares abruptos em cavas de mineração, derivados da retirada de grandes quantidades de matéria-prima (Figura 4-a, b, c, d).

Esses patamares são as morfologias mais evidentes nas cavas de mineração e os cortes efetivados para a criação dessas feições possibilitam a visualização das camadas sedimentares exumadas durante a prospecção de cobre. A finalização das atividades de extração mineral, em uma das minas a céu aberto, originou um lago artificial denominado de cava de mineração abaixo do nível do lençol freático (Figura 4-c).

Figura 3: Mapeamento Geomorfológico da APGMC. Os retângulos 1 e 2 inseridos neste mapa se referem aos setores onde será priorizada a análise dos resultados. A legenda do mapa geomorfológico pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Autor

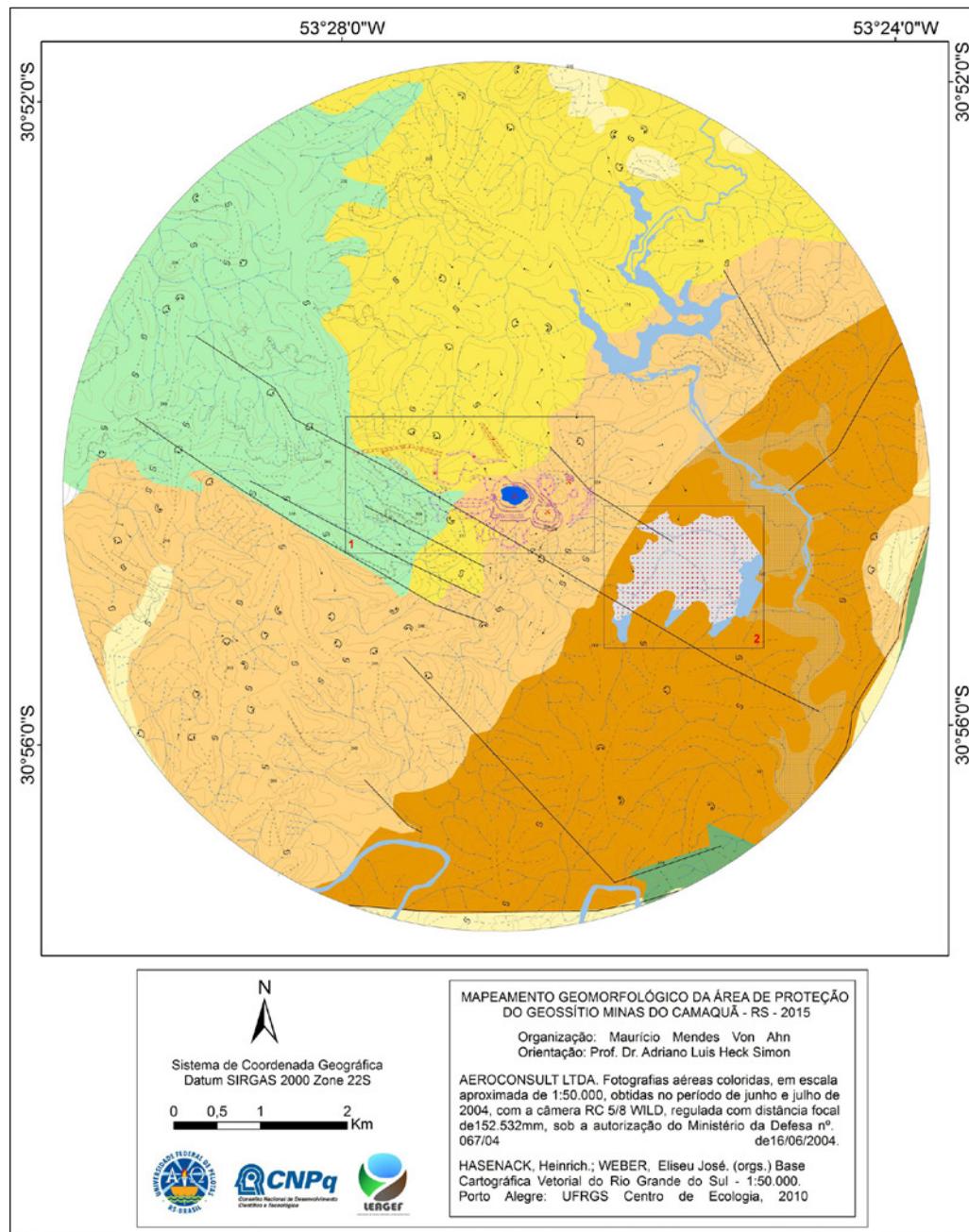


Figura 4: Morfolo-
gias antropogênicas
criadas a partir da
etapa de escavação ou
desmonte. A legenda
com os símbolos
apresentados pode ser
verificada na figura 2.

Fonte: Autor



As morfologias criadas durante a etapa de escavação ou desmonte podem ser verificadas em escala de campo na Figura 4 (c, d). A magnitude dos patamares revela a intensidade das técnicas aplicadas para a exploração do cobre. A relação dos patamares com as curvas de nível originais da área evidencia as mudanças na topografia e na rede de drenagem derivadas da retirada do material superficial com o auxílio de maquinário ou por meio de implosões (Figura 4A).

O material resultante do processo de desagregação na etapa de escavação ou desmonte é **carregado e transportado** a diferentes distâncias (RICARDO e CATALANI, 2007). Para isso, vias de acesso precisam ser desenvolvidas a partir de cortes e aterros no terreno, possibilitando a retirada das substâncias da área de desmonte. O desenvolvimento de vias de acesso na APGMC deu origem aos cortes para vias de circulação, aos aterros para vias de circulação, e aos condutos e taludes de aterramentos para vias de circulação (Figura 5).

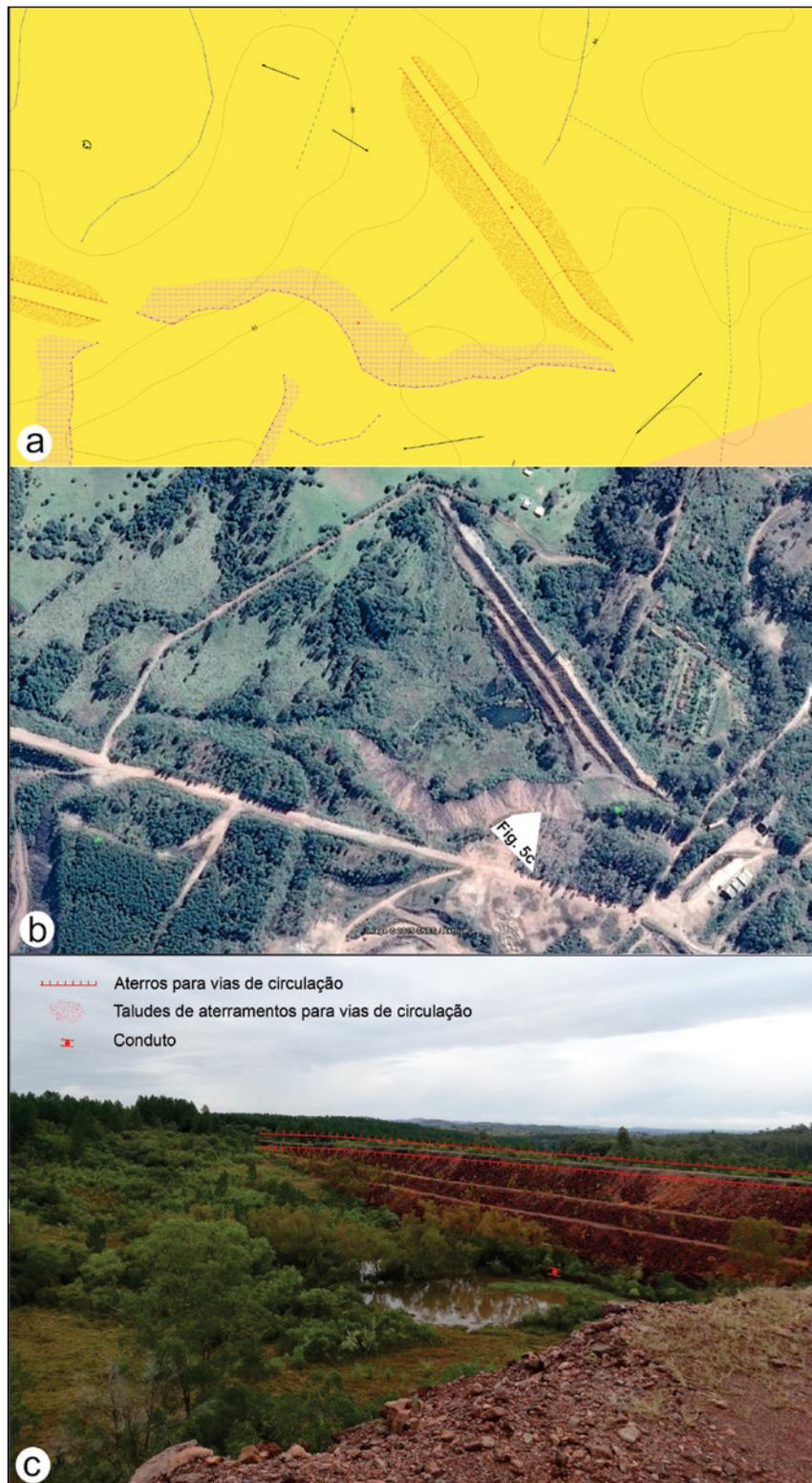
Os aterros para a construção de estradas seccionaram os compartimentos de fundo de vale, interceptando os canais fluviais e forçando a rede de drenagem a respeitar condutos que atuam como soleiras artificiais (Figura 5 – A, C). Os cortes atuam no sentido de possibilitar a mínima ondulação e sinuosidade das vias de acesso, conectando-se aos aterramentos produzidos em superfícies deprimidas, como fundos de vale e planícies de inundação.

Os taludes de aterramento para vias de circulação estão diretamente associados aos aterramentos para vias de circulação (Figura 5 – A, C). Ocorrem em níveis e a deposição do material é realizada a partir de técnicas que possibilitam que as estradas tenham a estabilidade e segurança necessária para o transporte de cargas pesadas. Alguns canais fluviais interceptados pelos condutos que perpassam os aterros e taludes não conseguem manter o fluxo de escoamento através do controle imposto e acabam depositando os materiais mais grosseiros à montante do conduto (Figura 5 – B, C). Esta situação contribui para a organização de depósitos aluviais identificados em campo, e em fase de desenvolvimento junto aos setores do fundo de vale interceptados nos quais, em situações naturais, este processo não ocorreria (Figura 5C).

O material derivado da etapa de carregamento e transporte é levado até os pontos de **descarga**. De acordo com Quevedo (2009), as áreas de descarga podem ser divididas em pilhas de estéril, pilhas de homogeneização e área de beneficiamento. Dentre essas três divisões, as pilhas de estéril (localizadas no setor de extração mineral) e as áreas de beneficiamento (localizadas no setor de deposição de rejeitos) estão relacionadas com a ocorrência de morfologias antropogênicas na APGMC.

Figura 5: Morfológicas antropogênicas criadas a partir da etapa de carregamento e transporte. A legenda com os símbolos apresentados pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Autor



A deposição das pilhas de estéril originou morfologias reconhecidas como bordas de colina de estéril e taludes de colina de estéril (Figura 6 – a, b, c). Nas Minas do Camaquã essas feições apresentam uma organização espacial que possibilita a interpretação da precisão e da complexidade das técnicas de engenharia envolvidas na sua consolidação, apesar do controle imposto ao sistema geomorfológico original e dos impactos ambientais promovidos no período de perturbação ativa. Essas características determinam a importância dessas feições enquanto patrimônio geomorfológico que explica a capacidade técnica da ação humana envolvida na construção de formas do relevo antropogênicas.

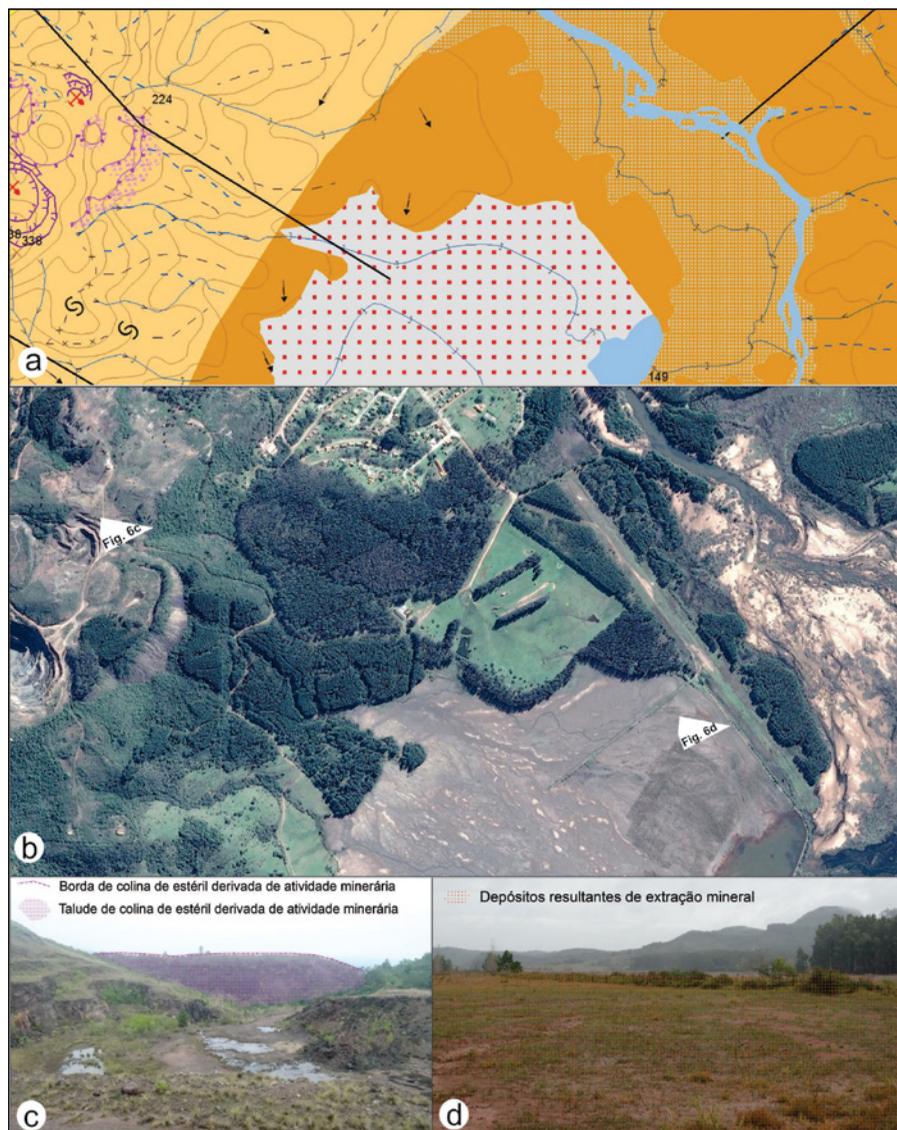


Figura 6: Morfologias antropogênicas criadas a partir da etapa de descarga em pilhas de estéril e em área de beneficiamento. A legenda com os símbolos apresentados pode ser verificada na figura 2.

Fonte: Autor

Os rejeitos, por sua vez, constituem os materiais sem valor econômico resultantes do processo de fragmentação, moagem, classificação e concentração mineral (FERREIRA, 2013). A descarga dos rejeitos está relacionada com a formação dos depósitos resultantes de extração mineral (Figuras 6 – a, b, d). Esta morfologia se constitui em um dos locais mais hostis à manifestação de formas de vida vegetais nativas ou exóticas em função da variedade de minérios e toxinas presentes nestes depósitos (Figura 6d). Após 1981 o descarte dos rejeitos de mineração na APGMC passou a ser realizado em uma barragem de rejeitos construída pela Companhia Brasileira de Cobre (CBC) a partir de 1980 (Figura 6 – b, d).

Considerações finais

A elaboração do mapa geomorfológico da APGMC e a análise das morfologias antropogênicas derivadas das atividades de mineração possibilitam o estabelecimento de algumas considerações finais:

1. As feições antropogênicas identificadas e analisadas permitem interpretar a história das atividades de mineração que ocorreram na APGMC. Apesar de não serem feições do relevo de morfogênese natural, pertencem à geodiversidade da área e devem ser compreendidas como patrimônio geomorfológico que qualifica o Geossítio Minas do Camaquã como um geossítio da história da mineração.
2. O reconhecimento e valorização do patrimônio geomorfológico de origem antropogênica são capazes de promover o maior envolvimento e aproveitamento por parte da população local, composta em sua maioria por antigos trabalhadores das atividades de mineração, os quais possuem o conhecimento das etapas das atividades de extração mineral e poderiam auxiliar a ressaltar o aspecto histórico das feições que têm singular aspecto estético e potencial para estudos científicos/pedagógicos.
3. Apesar do caráter antropogênico das feições localizadas nas áreas extração/desmonte, carregamento e transporte e descarga, é necessário compreender que as mesmas se encontram suscetíveis às alterações causadas pela ação dos agentes intempéricos químicos e biológicos. Trata-se de formas construídas que, se consideradas enquanto patrimônio geomorfológico, precisam ser manejadas a fim de evitar que ocorra o seu colapso e degradação. Essas deteriorações têm efeito negativo para o aproveitamento do conjunto de morfologias antropogênicas que ocorrem na área e possuem significativa beleza cênica.
4. O mapeamento geomorfológico da APGMC pode ser interpretado e utilizado por diferentes profissionais na promoção de ações de geoconservação,

geoturismo, educação e planejamento ambiental. Esse documento deve servir como subsídio para a análise temporal das intervenções antrópicas na APGMC, atendendo à proposta metodológica de Nir (1983) e Rodrigues (2005) ao abranger também os estágios de pré-perturbação e perturbação ativa das atividades de mineração. Assim, a cartografia geomorfológica retrospectiva poderá atender de forma plena à construção das diferentes fases de organização espacial do sistema geomorfológico que culminaram no atual estágio de morfologias antropogênicas.

Referências

- BICCA, M.M.; CHAMALE Jr., F.; JELINEK, A.R.; OLIVEIRA, C.H.E.; GUADAGNIN, F.; ARMSTRONG, R. Tectonic evolution and provenance of the Santa Bárbara Group, Camaquã Mines region, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p.173-192, 2013.
- BORBA, A.W.; SOUZA, L.F.; MIZUSAKI, A.M.P.; ALMEIDA, D.M.; STUMPF, P.P. Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 40, n.3, p.275-294, 2013.
- BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza em sua vertente Geológica**. Braga: Palimage, 2005. 190 p.
- BURKART, A. Evolution of grasses and grasslands in South America. **Taxon**, v. 24, n. 1, p. 53 – 66, 1975.
- CARTON, A.; CORATZA, P.; MARCHETTI, M. Propositions pour la cartographie des sites géomorphologiques: exemples italiens. In: **Revue du Groupe Français de Géomorphologie**, n.3, p.209-218, 2005.
- CUNHA, C.M.L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- FERREIRA, L.A. **Escavação e exploração de minas a céu aberto**. 2013. 123 f. Monografia (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.
- GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**, v.7, p.37-59, 1993.
- HASENACK, H.; WEBER, E.J. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010.
- JOHANSSON, C.E.; ANDERSEN, S.M. Geodiversity in the nordic countries. **ProGeo News**, v.1, p.1-3, 1999.

- KOZŁOWSKI, S. Geodiversity: the concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, v.52, n.8, p.833-837, 2004.
- LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 13, n. 24, p. 51-73, 2002.
- MARSH, G.P. **Man and nature: physical geography as modified by human action**. New York: Charles Scribner, 1865. 580 p.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983. 165 p.
- PAIM, P.S.G.; LOPES, R.C. Geologia da Região das Minas do Camaquã. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, O. C (Org.). **Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar**. São Leopoldo: Unissinos, 2000. p.111-132.
- PASCHOAL, L.G. **Estudo dos efeitos da criação de morfologias antropogênicas em área de mineração**. 2014. 189 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.
- PASCHOAL, L.G.; RAMOS, A.M.; CUNHA, L.J.S.; CUNHA, C.M.L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: cartografia geomorfológica para análise do impacto sobre o relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n.1, p.61-78, 2016.
- PELOGGIA, A.U.G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 24-31, 2005.
- PEREIRA, P. **Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. 2006. 370 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade do Minho, Braga, 2006.
- PEREIRA, D.I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity Assessment of Paraná State (Brazil): Na Innovative Approach. **Environmental Management**, v.52, p.541–552, 2013.
- QUEVEDO, J.M.G. **Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

REYNARD, E.; CORATZA, P. Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research. **Geographica Helvetica**, v. 63, n. 3, p.138-139, 2007.

REYNARD, E.; CORATZA, P.; HOBLÉA, F. Current Research on Geomorphosites. **Geoheritage**, v. 1, n. 8, 2016.

RICARDO, H.S; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. 3. ed. São Paulo: PINI, 2007. 656 p.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de Planejamento Urbano: exemplo da metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, p.101–111, 2005.

RODRIGUES, T.R.I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio São José dos Dourados**. 2006. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

SANTOS, F.C.A. **Mapeamento Geomorfológico do Geossítio das Guaritas do Camaquã: subsídios à geoconservação**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001.

SHERLOCK, R.L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. London: High Holborn, 1922. 404 p.

SERRANO, E. Geomorphology, natural heritage and protected areas. Lines of research in Spain. In: CORATZA, P.; MARCHETTI, M. (Org.). **Geomorphological sites: research, assessment and improvement - Workshop Proceedings**, Modena: Università de glistudi de Modena, 2002. p. 27-33.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P Geodiversity. A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, v.62, n.3, p.1-8, 2007.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Tasmanian Parks and Wildlife Service, 2002. Disponível em: <http://www.parks.tas.gov.au/tpws.html>. Acesso em 18 de maio de 2016.

SIMON, A.L.H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS)**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

SIMON, A.L.H. **Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do Rio Piracicaba – SP: contribuições à geomorfologia antropogênica**. 2010. 178 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

STANLEY, M. Geodiversity strategy. **Progeo news**, v.1, p. 6-9, 2001.

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology: a guide to man made landforms**. London: Springer, 2010. 260 p.

TRICART, J. **Principles et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Maisson, 1965. 496 p.

VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAN, R.A. **ITC system of geomorphological survey: manual ITC textbook**. Enschede. 1975.

VON AHN, M.M. **Mapeamento Geomorfológico da Área de Proteção do Geossítio das Minas do Camaquã – RS: Subsídios a Geoconservação**. 2015. 148 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

VON AHN, M.M.; SANTOS, F.C.; SIMON, A.L.H. Uso da terra, conflitos ambientais e a importância das relações entre geodiversidade e biodiversidade para a conservação da natureza. **Geografia**, Rio Claro, v.1, n. 1, p. 131-146, 2016.

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAMS, M. Are we now living in the Anthropocene? **GSA Today**, v.18, n.2, p.4-8, 2008.

ZOUROS, N. Assessment, protection and promotion of the geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece. In: **Revue du Groupe Français de Géomorphologie**, n. 3, p. 227-234, 2005.

A título de discussão e considerações finais

A obra apresentada busca discutir possibilidades e limitações da cartografia geomorfológica, contextualizadas no cenário brasileiro, em diversificados ambientes e com variados propósitos.

Assim, o capítulo inicial discute a proposta de Tricart (1965) demonstrando suas possibilidades e enfatizando principalmente a questão da legenda, a qual ultrapassa a simples representação das formas, indicando também a morfogênese. Ressalta-se que a metodologia, embora clássica e muito utilizada, sempre precisa ser adaptada às características fisiográficas locais, enfatizando como princípio norteador a relação formas-agentes-processos.

A partir desse capítulo, relatam-se estudos de caso que têm na cartografia geomorfológica instrumento de análise imprescindível. Assim, no ambiente rural, no qual a erosão dos solos é problema dos mais antigos, enfatiza-se a importância da cartografia geomorfológica para complementar os dados produzidos por modelos preditivos de erosão. No caso estudado, o modelo voltado à análise da erosão laminar não indicou a presença de processos lineares, mapeados pela cartografia geomorfológica em estágio inicial (de sulcos erosivos), fase em que sua contenção é mais fácil.

Ainda em meio rural, o uso da cartografia geomorfológica retrospectiva possibilitou a compreensão da morfodinâmica desenvolvida a partir de mudanças no uso da terra. Em outra situação, a cartografia geomorfológica retrospectiva, associada ao mapeamento de feições vinculadas às técnicas conservacionistas - terraços agrícolas, curvas de nível, bacias de contenção, entre outros - possibilitaram identificar a

influência que essas possuem nos processos geomorfológicos, como também aferir sua eficiência na contenção dos processos erosivos e, em algumas situações, de práticas inadequadas, a dinamização de áreas com voçorocamento.

Já no cenário urbano, cartas geomorfológicas de detalhe, de diferentes períodos históricos, permitiram a identificação e avaliação da morfodinâmica derivada da evolução da malha urbana, possibilitando compreender os diferentes graus de alteração das feições do relevo. Em outro estudo de caso em ambiente urbano, a cartografia geomorfológica permitiu definir parâmetros de restrição ao uso urbano; dessa forma, em função de feições geomorfológicas identificadas no cenário atual e em outros, do passado, foi possível apontar os setores onde a expansão urbana pode ser potencialmente problemática.

Nos ambientes litorâneos, a cartografia geomorfológica torna-se instrumento de difícil elaboração e, concomitantemente, de grande importância para o entendimento da morfodinâmica dessas áreas. A elaboração desse tipo de mapeamento é dificultada pelos pequenos desníveis altimétricos entre as feições do relevo (como entre níveis diferenciados de terraços marinhos ou entre esses e as planícies marinhas ou fluviais); assim como pelo uso urbano, que aplaina os terrenos, destruindo os desníveis e diversas feições, como dunas e cordões arenosos. Contudo, como demonstra o estudo de caso de Ilha Comprida, através desse tipo de mapeamento, em perspectiva histórica, é possível identificar os vetores de erosão ou de expansão das áreas de sedimentação costeira, assim como a influência antrópica nesses processos, fato também demonstrado pelo estudo de caso de Itanhaém.

No que se refere à geoconservação, os estudos de caso apresentados demonstram a importância da cartografia geomorfológica retrospectiva para o entendimento das alterações provocadas, ao longo do tempo, pela ação humana e suas consequências na morfodinâmica de unidades de conservação. Ainda, foi possível avaliar a importância desse tipo de mapeamento para a delimitação das unidades de zoneamento, bem como para orientar o planejamento e gestão ambiental desses espaços.

Assim, considera-se que o mapeamento geomorfológico de detalhe é um instrumento básico para a compreensão dos agentes e processos modeladores do relevo, possibilitando inferir sobre a suscetibilidade de tais modelados a determinados tipos de uso da terra. As ações de planejamento fundamentadas na análise da dinâmica do relevo local são necessárias para que haja equilíbrio na relação entre os componentes naturais e os componentes socioeconômicos, devendo-se conciliar a investigação sobre o sistema ambiental e a elaboração de leis e diretrizes mais restritivas, as quais incidirão diretamente no uso da terra.

SOBRE OS AUTORES

Alan Silveira *Instituto de Geografia,*
Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU)
[Currículo Lattes](#)

Geógrafo pela UNESP Campus de Rio Claro. Mestre (2009) e Doutor (2013) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP Campus de Rio Claro. Professor do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU), Curso de Geologia do Campus Monte Carmelo (MG). Atua nas áreas de Geomorfologia, Pedologia e Análise da Paisagem.

**Ândrea Lenise
de Oliveira
Lopes** *Programa de Pós-graduação em Geografia*
Universidade Federal de Pelotas – UFPel (RS)
[Currículo Lattes](#)

É formada nos cursos de Bacharelado (2014) e Licenciatura (2018) em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas. Mestre em Geografia (2017) com ênfase em Análise Ambiental pela mesma Universidade. Atua nas seguintes áreas: Análise e Planejamento Ambiental; Cartografia Geomorfológica; Cartografia Temática e Sistemas de Informações Geográficas.

Felipe Augusto Scudeller Zanatta
Programa de Pós-graduação em Geografia
UNESP/Rio Claro
[Currículo Lattes](#)

Possui graduação em Licenciatura (2009) e Bacharelado (2010) em Geografia pela FCT Unesp, campus Presidente Prudente. Mestre e Doutor em geografia (2014) pelo IGCE Unesp, campus de Rio Claro.

Leandro de Godoi Pinton
Departamento de Geografia (DEGEO), Instituto de Educação,
Letras, Artes, Ciências Humanas e Sociais (IELACHS)
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) – Campus Uberaba (MG)
[Currículo Lattes](#)

Graduado, mestre (2011) e doutor (2016) em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Rio Claro (SP). Atualmente é Professor de cursos de graduação da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). No âmbito da Geografia Física, sua pesquisa é voltada para os seguintes temas: Cartografia do relevo, Antropogeomorfologia, Geomorfologia do Quaternário e Ensino de Geografia Física.

Marcelo Eduardo Franzin
Programa de Pós-graduação em Geografia
UNESP/Rio Claro
[Currículo Lattes](#)

Mestrando no programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Organização do Espaço pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro. Graduado em Geografia, licenciatura e bacharelado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro. Tem experiência na área de Geomorfologia.

Marcos Noberto Boin
Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Humanas – FCH
[Currículo Lattes](#)

Graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1975) e doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000). Experiência em prospecção mineral nos anos 1970, na DOCEGEO. Experiência no ensino superior, na Fundação Universidade

Federal de Mato Grosso em Cuiabá, com aulas no Curso de Geologia, no final da década de 1970. No Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, na primeira metade da década de 1980, onde desenvolveu pesquisa mineral em granitos. Do ano de 2002 a 2014, trabalhou como Assistente Técnico de Promotoria no Ministério Público do Estado de São Paulo e de 2008 a 2015 na Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, nos cursos de graduação em Geografia, Biologia, Química, Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira e Turismo. Docente do curso de Especialização em Gestão Ambiental e no Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Atualmente é professor visitante do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados - MS

**Maurício
Mendes
Von Ahn**

*Programa de Pós-graduação em Geografia
Universidade Federal de Pelotas – UFPel (RS).*

[Currículo Lattes](#)

Licenciado e Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas. É membro do Grupo de Pesquisas em Geomorfologia e Meio Ambiente (UFPel), e vinculado ao grupo de estudos em Geomorfologia Antropogênica da UFPel. Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Geomorfologia Antropogênica; Alterações Geodiversidade x Ocupação e Usos das Terras; Patrimônio Geomorfológico e Cartografia Geomorfológica; Membro do Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física - LEAGEF/UFPEL.

**Patrícia
Borges
Silveira**

Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista, UNESP, campus Rio Claro.

[Currículo Lattes](#)

Geógrafa (bacharel e licenciada, 2007) pela Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP Campus de Rio Claro). Mestre e Doutora em Geografia na área de Organização do Espaço pela mesma Universidade. Atua nas áreas de Geomorfologia e erosão dos solos. É professora da rede particular de ensino desde 2008.

**Regina Celia
de Oliveira**

Universidade Estadual de Campinas

[Currículo Lattes](#)

Possui Bacharelado e Licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996), Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela

Universidade de São Paulo (1999), Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003) e Pós-doutorado em Geocologia da Paisagem pela Faculdade de Geografia da Universidade de Havana/Cuba (2018). Atualmente é professora doutora da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Análise Regional, atuando principalmente nos seguintes temas: Geomorfologia e Planejamento, Zoneamento Ambiental e Gestão de Zonas Costeiras.

**Simone
Emiko Sato**

Instituto de Ciências Humanas e da Informação (ICHI)

Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

[Currículo Lattes](#)

Geógrafa (Bacharel e Licenciada), Mestre em Geografia e Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP Rio Claro, SP. Atua principalmente nos seguintes temas: análise da dinâmica espacial e instrumentos para a organização do espaço.

**Tissiana
de Almeida
de Souza**

Agente de Pesquisas e Mapeamento

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Agência Sudeste 1 – São Paulo (SP)

[Currículo Lattes](#)

Possui graduação em Geografia nas modalidades Licenciatura (2007) e Bacharelado (2008) pela UNESP, Campus de Rio Claro. Mestre em Geografia (2010) - Área de Concentração Organização do Espaço - pela UNESP, Campus de Rio Claro (2010). Doutora em Geografia (2014) - Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Territorial - pela UNICAMP. Realizou estágio de doutorado (2013-2014) no Departamento de Geografia da Universidade do Minho, Campus de Azurém (Guimarães - Portugal). Pós-Doutorado (2017) em Geografia realizado no Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da UNESP, Campus de Rio Claro. Agente de Pesquisas e Mapeamento (2018-atual) do IBGE, na Agência Sudeste 1, São Paulo (SP).

