

## **A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE DAS FRAGILIDADES AMBIENTAIS: UM EXEMPLO NO LITORAL BRASILEIRO.**

Cenira Maria Lupinacci da Cunha  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
cenira@rc.unesp.br

### **EIXO TEMÁTICO: GEOMORFOLOGIA E COTIDIANO**

#### **RESUMO**

Historicamente, os ambientes litorâneos foram as primeiras áreas ocupadas pelo homem no Brasil e apresentam, nos dias atuais, elevados índices de urbanização que condicionam diversos tipos de impactos ambientais. Neste contexto, é de suma importância analisar a qualidade ambiental destas áreas e, para tal análise, os aspectos geomorfológicos são essenciais por constituírem o substrato físico sobre o qual as atividades antrópicas se estabelecem. Assim, o objetivo desse artigo é apresentar as possibilidades de identificação das fragilidades físicas ao uso e ocupação da terra em ambientes litorâneos, que são frentes de expansão urbana, a partir de técnicas da cartografia geomorfológica. Para tanto, foram elaboradas cartas geomorfológicas de setores de Mongaguá (SP), em escala de detalhe, utilizando metodologia tradicional da escola francesa, as quais são apresentadas sobre ortofotocartas digitais a fim de facilitar sua leitura por não-especialistas. Os dados obtidos demonstram que o ambiente pesquisado apresenta fragilidades que se devem tanto à constituição das formações superficiais como ao arranjo espacial das formas de relevo.

**Palavras Chaves:** relevo, fragilidade ambiental, urbanização, geomorfologia.

#### **ABSTRACT**

Historically, environmental coasts were the first areas occupied by humans in Brazil and they nowadays present high rates of urbanization that affect several kinds of environmental impacts. Therefore it is extremely important to analyze the environmental quality of these areas and the geomorphological aspects are essential to make it possible because they constitute the physical substrate upon which human activities are established. As it stands, the objective of this paper is to present the possibilities of identification of the physical fragilities to use and occupation of land in coastal environments that are fronts of urban expansion from geomorphological mapping techniques. To that end, maps geomorphological were prepared for sectors of Mongaguá in detail scale using the traditional methodology of the french school which are shown on digital ortofotocartas to facilitate reading by non-specialists. The data obtained demonstrate that the environment has shown fragilities due to the constitution of surface formations and to the spatial arrangement of the forms of relief.

**Key-words:** relief, environmental fragility, urbanization, geomorphology.

#### **INTRODUÇÃO**

Historicamente, os ambientes litorâneos foram as primeiras áreas ocupadas pelo homem europeu no Brasil e apresentam, nos dias atuais, altos índices de urbanização. Aliado a este fato, considera-se que tais ambientes apresentam elevado grau de suscetibilidade ambiental devido às suas características intrínsecas, relacionadas à interação terra-mar e as propriedades litológicas, hidrológicas, geomorfológicas, climáticas e biogeográficas resultantes dessa interação.

É neste contexto que se insere a região litorânea do estado de São Paulo, na qual a intensa atividade turística, os portos, as indústrias e o desenvolvimento urbano, associados a sua fragilidade, geram um alto grau de alteração causado pelas atividades antrópicas. Desse modo, é de suma importância analisar a qualidade ambiental deste setor do território paulista. Para tal análise, os aspectos geomorfológicos são essenciais por constituírem o substrato físico sobre o qual tais atividades se desenvolvem. Assim, 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. Griffiths e Abraham (2008) afirmam que 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

Constatada a importância da cartografia para os estudos do relevo, convém enfatizar as dificuldades intrínsecas à realização de mapeamentos deste elemento da paisagem. Uma das dificuldades iniciais a se considerar refere-se ao fato de tratar-se de um processo cartográfico no qual se representa um atributo por definição tridimensional, dispondo-se de apenas duas dimensões. Neste sentido, procura-se suprir tal deficiência através de símbolos e tramas, cujo processo de escolha constitui-se em uma dificuldade a parte, visto que os princípios básicos da cartografia temática referem-se à rapidez e eficiência na comunicação dos fenômenos mapeados.

Griffiths e Abraham (2008), analisando a produção inglesa, afirmam que os mapas geomorfológicos criados pelos geomorfólogos acadêmicos são documentos complexos os quais, geralmente, requerem a interpretação de um especialista o que dificulta seu uso por outros profissionais. Os autores sugerem que tais mapas devam ser repensados tanto em termos de escala como em termos de conteúdo para atender o usuário. Theler et al. (2010) também afirmam que o conteúdo dos mapas geomorfológicos tradicionais nem sempre respondem as necessidades dos pesquisadores. Além disso, os autores chamam a atenção para a possível subjetividade que estes podem conter devido às inúmeras propostas metodológicas existentes para sua realização.

Assim, o artigo aqui apresentado visa promover uma discussão em torno da utilidade e da dificuldade de realização da representação cartográfica do relevo.

## **OBJETIVOS**

O objetivo desse artigo é apresentar as possibilidades de identificação das fragilidades físicas ao uso e ocupação da terra em ambientes litorâneos, que estão sujeitas à expansão urbana, a partir da análise de cartas geomorfológicas. Ainda, como objetivo secundário, busca-se avaliar as possibilidades e limitações do uso de ortofotocartas digitais como base cartográfica para a realização e apresentação de mapeamentos geomorfológicos de detalhe (escala 1:10.000).

Para atingir tal objetivo, selecionaram-se como área de estudo dois setores do município de Mongaguá. A escolha de setores em Mongaguá, mapeados a 1:10.000 através de ortofotocartas digitais, deve-se tanto a disponibilidade desse material para essa área como a possibilidade de comparar esses mapeamentos com aqueles realizados por Sato (2008) com o uso de fotografias aéreas. Assim, foi possível discutir os problemas gerados pela ausência de estereoscopia nas ortofotocartas digitais. Ainda, os dois setores foram selecionados de modo a possibilitar reconhecer a viabilidade dos procedimentos em área de atuação marinha atual, com presença de linha de costa, e áreas “mais interiores”, de atuação marinha pretérita, sob forte erosão fluvial e ação gravitacional derivada da energia das escarpas serranas

## **MATERIAL E MÉTODO**

O mapeamento em escala de detalhe dos setores do município de Mongaguá foi realizado sobre ortofotocartas digitais de escala 1:10.000, sendo que tais setores correspondem aos terrenos mapeados na Folha Mongaguá II (SG-23-V-A-III-2-NO-F) e na Folha Rio Mineiro (SG-23-V-A-III-2-NO-D), elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico, em 1987 (IGC, 1987a, b). As ortofotocartas digitais são resultado da ortoretificação de fotografias aéreas obtidas em um aerolevanteamento datado de abril/maio de 2002, realizado pelo consórcio Base S.A., Engefoto e Aerocarta para a Agência Metropolitana da Baixada Santista (AGEM) e cedidas pela Prefeitura Municipal de Mongaguá para uso em trabalhos acadêmicos. As ortofotocartas escolhidas para esta pesquisa representam setores que abrangem a orla litorânea e terrenos mais interiores, de transição entre a Serra do Mar e a planície costeira.

Para a realização do mapeamento utilizaram-se os procedimentos técnicos propostos por Tricart (1965). Seguindo a proposta metodológica de Tricart (1965), em que os fatos geomorfológicos são ordenados em oito ordens de grandeza tempo-espacial, ao utilizar a ortofotocarta digital com escala 1:10.000 como base para o mapeamento, foi possível identificar feições geomorfológicas vinculadas a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta ordem de grandeza.

Assim, a área representada na ortofotocarta digital foi separada, primeiramente, pelas feições litológicas. Deste modo, identificaram-se inicialmente os setores cristalinos e os setores deposicionais. Através da interpretação visual, na área cristalina, foram identificados topos convexos e linhas de divisores de águas. Assim, inserido na área cristalina está o símbolo composto por um círculo com retas perpendiculares em seus limites que busca transmitir a idéia de topo convexo.

No setor deposicional foram identificadas diferentes áreas de acumulação. Esta diferenciação é representada através das diversas intensidades das tramas, de cor sépia, que buscam mapear as diferenças altimétricas e de coesão dos sedimentos de origens diversificadas, conforme sugerido por Tricart (1965).

Na ortofotocarta digital foram identificadas as seguintes áreas de acumulação:

- - acumulação marinha, constituída de sedimentos trazidos pela dinâmica oceânica atual;

- - acumulação de terraço marinho, que é constituído de sedimentos oceânicos depositados no passado e se subdivide em duas áreas, separadas pela diferença altimétrica, que possivelmente demonstram a ocorrência de diferentes transgressões marinhas na área;
- - acumulação de terraço fluvial, formada por sedimentos trazidos pela drenagem no passado;
- - acumulação de planície fluvial, formada por sedimentos provenientes das drenagens e que sofrem ação atual da dinâmica fluvial;
- - acumulação coluvial, composta por sedimentos de origem gravitacional, oriundos das áreas serranas.

É importante salientar que, como a escala da ortofotocarta digital proporciona um maior detalhamento, foi possível visualizar os meandros abandonados, que estão inseridos no setor de acumulação de terraço fluvial, e o braço morto, que está localizado na área de acumulação de planície fluvial.

Na proposta de Tricart (1965), o setor de acumulação de planície fluvial deve ser identificado ainda por hachuras que representam a natureza dos aluviões, os quais, no caso da área mapeada, são compostos por areias e argilas. Assim, no setor de acumulação de planície fluvial, a textura em preto indica a natureza dos aluviões. Deste modo, foram inseridos traços e pontos, sendo que os traços representam as argilas e os pontos, as areias.

As drenagens foram identificadas por apresentarem coloração escura oriunda da água e por concavidades pronunciadas na área serrana que denotam a presença de cursos d'água. No setor litorâneo de Mongaguá foram visualizadas drenagens que deságuam no oceano. Estas últimas foram possíveis de serem identificadas através da foz que se apresenta de forma nítida na acumulação marinha.

A área de acumulação marinha é enriquecida de informações, na proposta de Tricart (1965), quando se inserem os dados da ação marinha e litorânea. Estas informações são compostas pela forma de acumulação e pelos dados hidrológicos e biológicos quando for o caso. Assim, o setor de acumulação marinha atual recebeu a simbologia que indica a praia arenosa. A praia arenosa é representada por pontos de diferentes tamanhos, sendo que os pontos maiores estão no contato com o oceano e os pontos menores estão localizados mais distantes deste. No setor litorâneo de Mongaguá foi possível inserir a simbologia de maré alta e maré baixa. Estes símbolos são formados por uma linha contínua na cor preta com letras que indicam o nível da maré: BM para maré baixa e HM para maré alta.

Convém esclarecer que, segundo a proposta de Tricart (1965), o mapa geomorfológico deve mostrar as interferências antrópicas no modelado. Assim, no setor litorâneo de Mongaguá foi identificada a urbanização, que se alastra a partir da área de acumulação marinha em direção ao interior. Como Tricart (1965) propõe, a simbologia de área construída utilizada nesta situação foi composta por faixas pretas na diagonal sobre um fundo esbranquiçado. Ainda, representando o

modelado antrópico, foram inseridos também os símbolos referentes à mineração e a estrada construída sobre aterros. O autor destaca a importância de se representar a interferência de atividades antrópicas, pois, onde estas ocorrem, nem sempre é possível identificar os processos que moldam o relevo, uma vez que tais atividades podem desmantelar a dinâmica desse.

A proposta de mapeamento geomorfológico de Tricart (1965) apresenta hachuras que devem ser empregadas para cada modelado. Deste modo, para identificar a área cristalina, a acumulação coluvial, a acumulação de terraço marinho, a acumulação de terraço fluvial, a acumulação de planície fluvial e a acumulação marinha, foram criados preenchimentos específicos. O setor cristalino recebeu o preenchimento composto por traços verticais na cor laranja, enquanto que os setores de acumulação receberam a mesma hachura na cor sépia. O preenchimento dos setores de acumulação se diferencia pela distância entre os traços verticais; esta distância indica a consolidação dos sedimentos que compõem o terreno. Assim, para o colúvio, foi estipulado um único preenchimento de cor sépia, indicando maior “consolidação” do terreno do que as demais áreas de acumulação. Convém esclarecer que é amplamente reconhecida na bibliografia a fragilidade dos materiais coluvionares. Contudo, quando comparados as outras áreas de acumulação, como planícies marinhas e terraços marinhos, por exemplo, considerou-se que estes apresentam melhor agregação, principalmente por conterem material mais fino. Assim, a planície marinha foi considerada como a forma de acumulação de menor “consolidação” de seus sedimentos e, portanto, identificada por hachuras com traços na cor sépia mais distanciados do que das outras áreas de acumulação.

O meandro abandonado é representado por uma linha tracejada na cor preta, mas que se diferencia da linha tracejada utilizada para demarcar os divisores de águas por ser menos espessa. A simbologia de braço morto é formada por uma linha azul tracejada que contorna os limites desta feição geomorfológica.

Como consta na proposta de Tricart (1965), foram inseridas simbologias que representam o rebordo do terraço, identificado em dois níveis: suave ou abrupto. O símbolo para rebordo de terraço suave constitui-se de retas inseridas perpendicularmente nos limites do terraço e o símbolo para rebordo de terraço abrupto é formado por retas perpendiculares a traços horizontais que contornam os limites do terraço. Em ambos os casos, as retas perpendiculares são voltadas para a área com altimetria inferior, buscando transmitir ao leitor a idéia de um degrau altimétrico.

Para representar a drenagem, Tricart (1965) indica o uso de uma linha na cor azul. Atrelado às drenagens estão os símbolos que indicam a forma de fundo de vale; estas formas representam fundos de vale plano e fundos de vale em V. O autor condena o uso do termo “vales em U” por entender que estes devem ser reservados às dinâmicas periglaciais, nas quais a presença das morainas laterais cria, na visão de Tricart (1965), a “verdadeira fisionomia de transição suave” entre vertentes e fundos de vale que caracterizam tal forma.

Para finalizar, foi confeccionada a legenda (Fig. 1), seguindo a orientação de Tricart (1965), que busca agrupar os símbolos de acordo com a origem das formas e apresenta estes posicionados na frente da descrição destas.

Figura 1 – Legenda dos mapeamentos geomorfológicos.

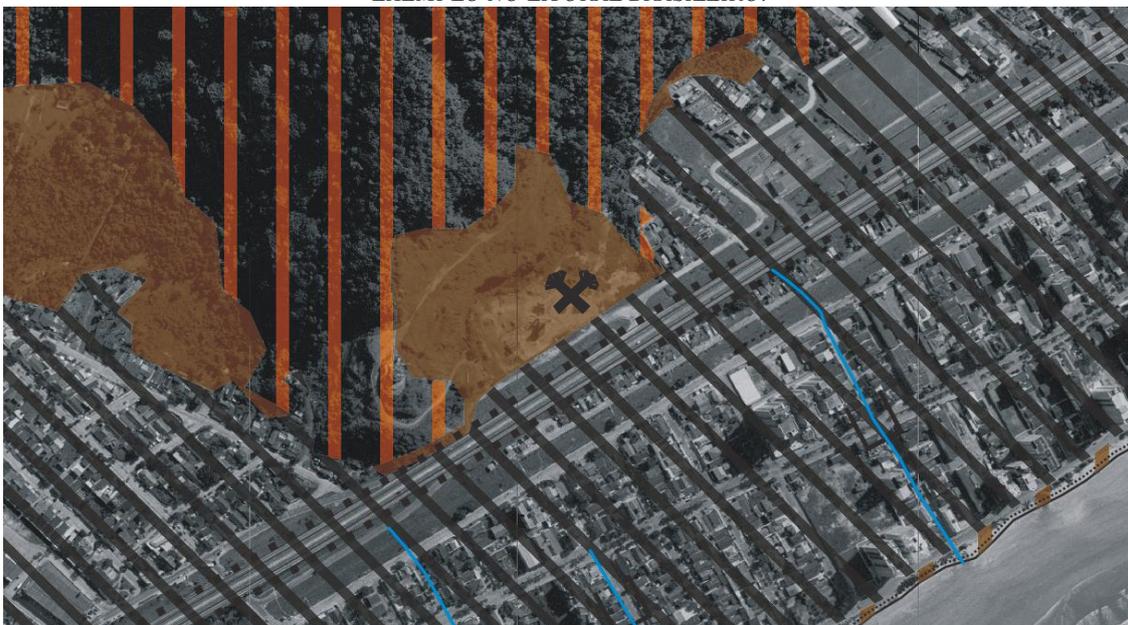


## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os documentos cartográficos elaborados permitiram obter uma série de informações úteis ao planejamento urbano. Como tais documentos são de grande dimensão, destacam-se aqui alguns dados considerados mais relevantes, os quais são ilustrados por trechos desses documentos.

Inicialmente, convém enfatizar a importância de verificar, em áreas litorâneas, os modelados que compõem a área de expansão urbana. Assim, o mapeamento geomorfológico elaborado permitiu visualizar situações como as ilustradas na 2.

Figura 2 – Trecho do mapeamento geomorfológico produzido para um setor de Mongaguá (SP). A legenda encontra-se na figura 1. Sem escala.



Por meio da figura 2 é possível visualizar que a área urbana de Mongaguá aproxima-se perigosamente de áreas de colúvio (polígono totalmente preenchido em cor sépia). Os colúvios caracterizam-se como depósitos gravitacionais, de baixa resistência aos processos denudacionais, em virtude de sua heterogeneidade granulométrica a qual condiciona condições adversas de resistência. Ainda, a presença de cava de mineração nas proximidades do urbano é notada no setor central da figura. Além disso, a proximidade do urbano com setores cristalinos (preenchidos com traços verticais de cor laranja), caracterizados por altas declividades, pode ser problemática visto que esse pode sofrer processos de movimentação de massa. Os materiais dos colúvios em grande parte derivam de tais movimentações.

Outra situação importante é ilustrada na figura 3, em que os espaços urbanos aproximam-se dos morros isolados, de litologias cristalinas e, portanto, altos declives. Nessa situação ainda, o degrau topográfico entre os terraços marinhos foi totalmente descaracterizado pela urbanização, a qual se processo independente desse referido degrau.

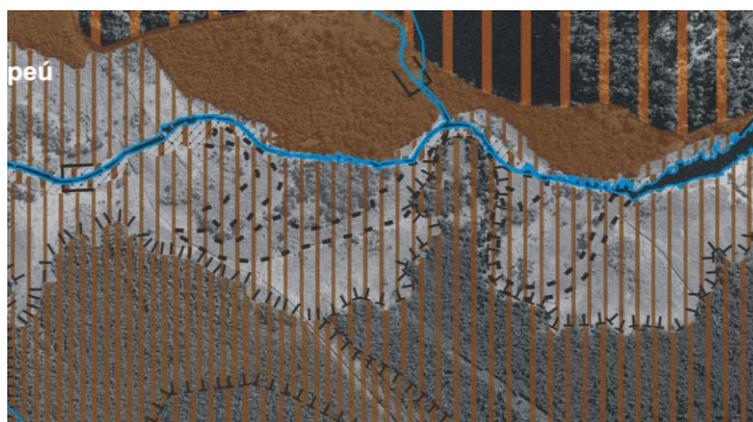
Os diferentes níveis de terraço, representados por espaçamentos diferenciados dos traçados verticais, indicam que os terrenos foram sedimentados em diversas fases transgressivas do oceano, fato comum no litoral brasileiro. Entre um nível de terraço e outro, normalmente registram-se degraus topográficos, mapeados por pequenas retas verticais quando tal degrau é suave e por símbolos em formato de T quando esses são abruptos. A presença do urbano nitidamente descaracteriza a presença de tais elementos topográficos, como ilustrado na parte central da figura 3. A obliteração dessas feições topográficas envolvem em processos de terraplenagem os quais, quando elaborados sem os devidos cuidados técnicos, podem gerar instabilidade nos terrenos.

Figura 3 - Trecho do mapeamento geomorfológico produzido para um setor de Mongaguá (SP). A legenda encontra-se na figura 1. Sem escala.



Além desses aspectos relacionados à ação antrópica, os mapeamentos geomorfológicos podem indicar características naturais dos terrenos que devem ser consideradas no processo de uso e ocupação das terras (Figura 4).

Figura 4 - Trecho do mapeamento geomorfológico produzido para um setor de Mongaguá (SP). A legenda encontra-se na figura 1. Sem escala.



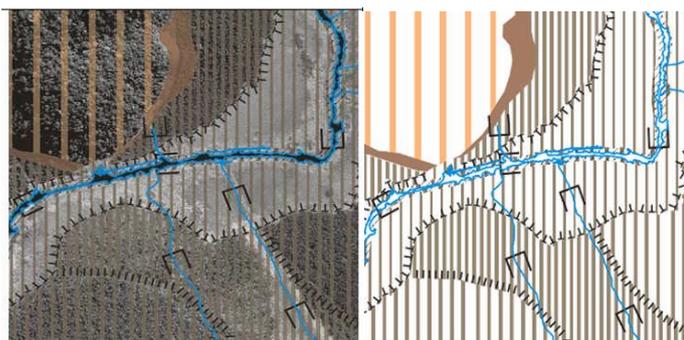
Assim, no setor central da figura 4, a presença de linhas tracejadas em preto indica a existência de meandros abandonados, os quais denotam a intensa dinâmica do curso fluvial. A presença de drenagens de caráter meandrante deve ser considerada quando do planejamento tanto de obras de engenharia de caráter hidráulico, quanto para o uso e ocupação das terras. Os canais meandrantes implicam em uma mudança periódica na área ocupada pelo canal fluvial e por sua planície de inundação. Dessa forma, áreas que não eram sujeitas a inundação, podem se tornar alvo destas pela evolução natural do sistema de drenagem.

Com relação à metodologia utilizada, as cartas confeccionadas a partir da orientação de Tricart (1965), podem representar de forma bastante precisa a área mapeada devido à utilização de uma ampla gama de símbolos para as feições geomorfológicas, proporcionando uma leitura mais próxima da realidade. A proposta de Tricart (1965), de utilizar para as áreas sedimentares tracejados verticais cujo espaçamento vincula-se a resistência dos materiais, é teoricamente interessante. Contudo, quando esse

tracejado é sobreposto a ortofotocarta digital, a leitura das unidades sedimentares fica comprometida. Ocorrem dificuldades para reconhecer os diversos tipos de espaçamentos e correlacioná-los a legenda. Essa dificuldade é maior no setor litorâneo (Figura 2) do que no setor continental (Figura 3 e 4). No setor litorâneo, a diversidade de terrenos sedimentares é maior devido à dinâmica atual de deposição marinha e os diversos compartimentos deposicionais vinculados a dinâmica fluvial. Já no setor denominado continental, a presença dos terrenos cristalinos e sua visualização através do tracejado possibilita estabelecer uma noção altitudinal melhor já que se visualiza a rugosidade do terreno entre tais traços. Assim, considera-se que a proposta funciona de forma mais eficiente nesta situação do que naquela vinculada ao setor litorâneo. Ainda sobre o setor litorâneo, convém notar que a presença da área urbana, mapeada através do preenchimento com hachuras compostas por retas no sentido diagonal de cor preta sobre a ortofotocarta digital, também dificulta uma visão mais ampla das diferenças de altitude entre os terrenos sedimentares.

Por fim, convém enfatizar que, sem a ortofotocarta digital, a proposta de Tricart (1965) apresenta melhor legibilidade já que o “excesso” de informações vincula-se também a presença da referida imagem sob os símbolos (Figura 5).

Figura 5 – Trecho do mapeamento geomorfológico elaborado, com a ortofotocarta digital e sem a referida imagem. A legenda encontra-se na figura 1. Sem escala.



## CONCLUSÃO

Os mapeamentos geomorfológicos produzidos permitiram obter dados sobre as características dos terrenos que podem auxiliar ao planejamento da área estudada. Assim, verificou-se que muitos setores da área urbana de Mongaguá aproximam-se perigosamente de terrenos instáveis (como demonstrado em pequeno trecho ilustrado na figura 2). A proximidade com os colúvios e com as escarpas cristalinas podem significar problemas em períodos chuvosos, quando os movimentos de massa são freqüentes na área serrana e em seus sopés, já ocupados pelos colúvios.

Com relação aos mapeamentos em escala de detalhe, constatou-se que o uso de ortofotocartas digitais ou de outro tipo de imagem do terreno em segundo plano é uma possibilidade que pode melhorar o entendimento desse tipo de mapeamento. O uso desse tipo de recurso em meio digital é mais vantajoso do que na forma impressa, pois se tem a possibilidade de visualizar o terreno sem as informações geomorfológicas sobrepostas e assim comunicar ao leitor o significado dos símbolos ou

hachuras em termos de características geomorfológicas da área.

Contudo, a ausência de estereoscopia das ortofotos leva a se considerar a necessidade de complementar as informações com pares estereoscópicos de fotografias aéreas tradicionais. Nos terrenos de origem deposicional, como os estudados nessa pesquisa, nos quais o desnível altimétrico entre os compartimentos geomorfológicos é pequeno, a precisão no mapeamento dos limites destes compartimentos só é possível de se obter a partir da fotointerpretação tradicional, com o uso da estereoscopia.

Em suma, os ambientes litorâneos são áreas de intenso uso da terra e, portanto, necessitam ser ocupados tendo por base orientações geradas por um adequado processo de planejamento, o qual deve considerar também as características físicas do ambiente. Para isso, as informações geomorfológicas são essenciais. Assim, a cartografia geomorfológica possibilita espacializar as informações do relevo o que é importante para o planejador e para a compreensão dos processos de erosão/sedimentação das áreas litorâneas.

## **REFERÊNCIAS**

- 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.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folha topográfica Mongaguá II.** São Paulo: Governo do estado, 1987a. 1 mapa. Escala 1:10.000.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folha topográfica Rio Mineiro.** São Paulo: Governo do estado, 1987b. 1 mapa. Escala 1:10.000.
- SATO, S. E. **Zoneamento Geoambiental do Município de Mongaguá – Baixada Santista.** 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.
- THELER, D.; REYNARD, E.; LAMBIEL, C.; BARDOU, E. **The contribution of geomorphological mapping to sediment transfer evaluation in small alpine catchments.** *Geomorphology*, n. 124, p. 113-123, 2010.
- TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie.** Paris: Masson et Cie, 1965. 496p.