

ANÁLISE QUANTITATIVA DO RELEVO POR INTERMÉDIO DAS CARTAS MORFOMÉTRICAS DA ALTA BACIA DO RIO ITANHAÉM, BAIXADA SANTISTA/SP

Ana Cecília Pereira Machado¹
Cenira Maria Lupinacci da Cunha²

INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental faz-se extremamente necessário nos dias atuais, como medida de prevenção aos danos ambientais, bem como de minimização de impactos decorrentes da ação antrópica.

Na atualidade, os reflexos da ausência deste planejamento são sentidos nos transtornos causados tanto ao meio ambiente quanto à população – alagamentos, desmoronamentos, voçorocamentos, poluição etc – resultando até mesmo em perdas de vidas humanas. A apropriação desordenada dos recursos naturais, consequência também da ausência de conhecimentos prévios relativos às características do meio ambiente, é uma das principais causas de desequilíbrios ambientais.

A geomorfologia, através do estudo das formas do relevo e dos processos geomorfológicos, mostra-se essencial aos estudos de análise ambiental, haja vista a constante interação antrópica com as formas do relevo, através do uso e ocupação da terra, modificando tanto as formas quanto os processos ocorrentes sobre estas.

Os sistemas ambientais naturais, face às intervenções humanas, apresentam fragilidades variáveis de acordo com suas características. Neste contexto, as cartas morfométricas do relevo funcionam como subsídios ao Planejamento Ambiental, por detectarem áreas cujas características geométricas do relevo impõem limites ao uso e ocupação de origem antrópica.

Assim, este artigo tem o objetivo de analisar a morfometria do relevo da alta bacia do Rio Itanhaém, por meio de documentos cartográficos que buscam diagnosticar as fragilidades potenciais do relevo, auxiliando na definição de medidas de prevenção a desastres ambientais.

As cartas morfométricas são documentos que possibilitam uma análise das características do relevo, mensurando-as através de sua geometria, proporcionando o entendimento da estrutura morfológica deste sistema, bem como a identificação de áreas de risco potencial à ação antrópica. Dessa forma, as cartas elaboradas nessa pesquisa referem-se à carta clinográfica ou de declividade, à carta de dissecação horizontal, à carta de dissecação vertical e à carta de energia do relevo.

A alta bacia do Rio Itanhaém localiza-se na área norte do município homônimo (figura 1), entre as coordenadas $23^{\circ}56'31,838''$ e $24^{\circ}03'30,103''$ de latitude Sul e $46^{\circ}46'42,562''$ e $46^{\circ}52'31,838''$ de latitude Oeste, compreendendo uma área total de 112,78 km². Localizada no litoral do Estado de São Paulo, a cidade de Itanhaém faz parte da Região Metropolitana da Baixada Santista.

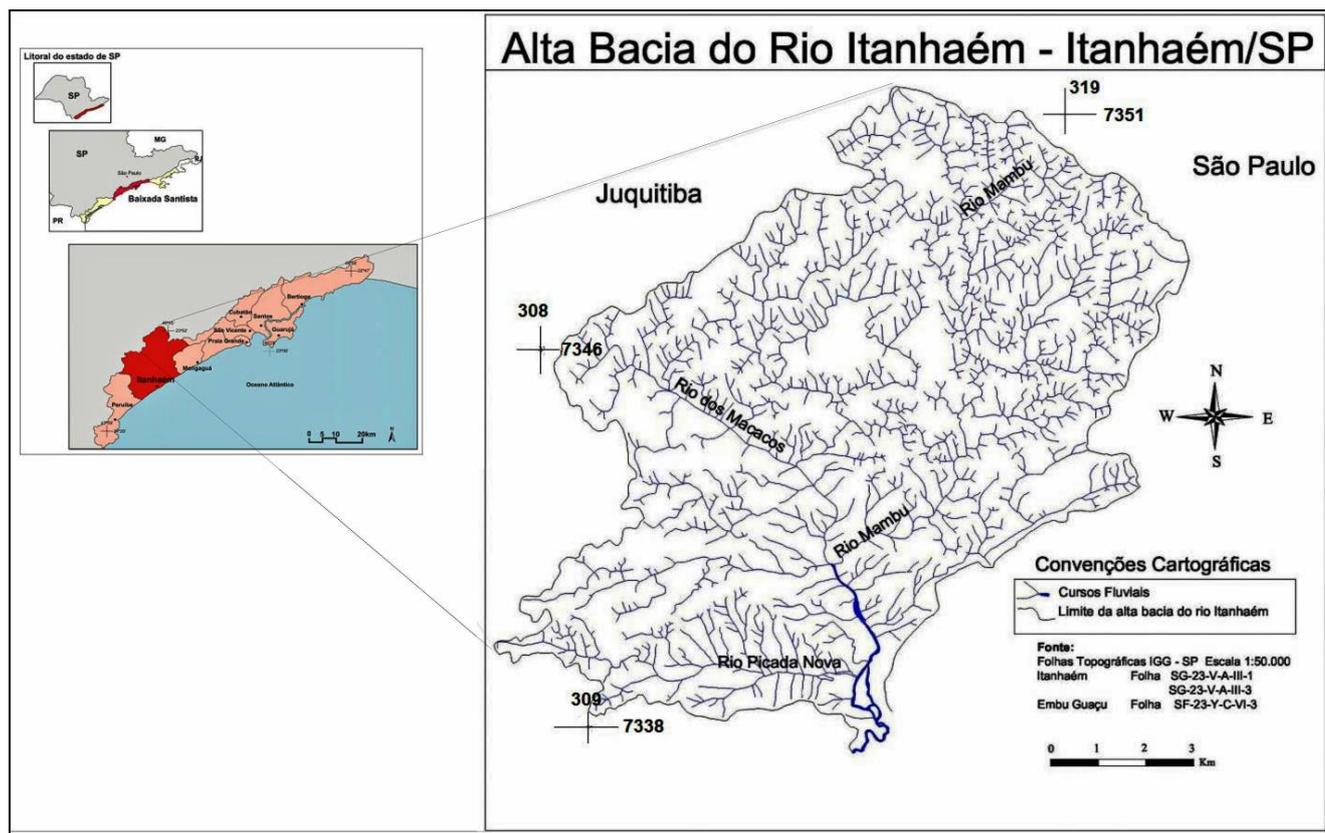


Figura 1 – Posicionamento do litoral paulista, da Região Metropolitana da Baixada Santista, do município de Itanhaém, com destaque à área de estudo (Alta Bacia do Rio Itanhaém – escala 1:50.000). Fonte: Modificado de Emplasa (2002), IGG - SP (1970).

Segundo dados da Prefeitura Municipal (2010), Itanhaém possui uma população fixa de aproximadamente 91.153 habitantes, com população flutuante que chega a 450.000 pessoas nos meses de temporada. Por meio desses dados, constata-se que o município tem o turismo como principal atividade econômica.

Segundo Henrique e Mendes (2001),

[...] estes ambientes litorâneos que já apresentaram uma rápida e intensa dinâmica morfogenética, [...] encontram-se cada vez mais subordinados aos processos de origem antrópica, que catalisam os mecanismos naturais, provocando rápidas mudanças nos seus ambientes [...]. (HENRIQUE; MENDES, 2001, p. 200)

A alta bacia do Rio Itanhaém caracteriza-se por três compartimentos geomorfológicos distintos: Planalto Atlântico (Morraria do Embu, constituído por

morrotes baixos); Serra do Mar (escarpas dissecadas compostas de espigões e topos angulosos); Planície Costeira (Baixada Litorânea).

O Planalto Paulistano limita-se ao sul, de modo brusco, com as cumeadas das escarpas da Serra do Mar. A área de estudo compreende parte deste compartimento do relevo inserindo-se, de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), na subzona denominada Morraria do Embu. Nesta, “o relevo aumenta progressivamente sua altitude a partir das escarpas da Serra do Mar, e a área ocupada pelas suas unidades morfológicas torna-se maior, ou seja, os morrotes e colinas tornam-se mais extensos e dão lugar a morros” (IPT, 1981, p.30).

No que se refere à Serra do Mar, conforme o IPT (1981), as escarpas mostram-se abruptas, desenvolvendo-se ao longo de anfiteatros sucessivos, separados por espigões. Essas escarpas são ora festonadas, ora desfeitas em espigões lineares digitados.

Ross e Moroz (1997) vinculam a escarpa da Serra do Mar, bem como o Planalto Paulistano, à Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico porque, além da natureza poliorogênica, “sua gênese vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões”. (ROSS, 1990, apud ROSS; MOROZ, 1997, p. 31).

No que concerne à Planície Costeira, esta apresenta uma morfologia plana, com tendências deposicionais. O compartimento de planície é caracterizado pela suavidade do relevo, com declividades muito baixas. As planícies são preenchidas por sedimentos arenosos de origem litorânea e fluvial. Assim, os sistemas resultantes são, em certos casos, produtos “mistos destes agentes” (IPT, 1981, p. 17).

Ross e Moroz (1997, p. 49) consideram que a Planície Costeira está inserida na Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas, por sua constituição

vincular-se aos processos de sedimentação de origem marinha e fluvial durante o período Cenozóico.

As formas atuais do relevo da área de estudo estão vinculadas ao contexto geológico regional – que corresponde ao complexo cristalino do Pré-Cambriano, tanto para o Planalto Atlântico quanto para a Serra do Mar, e sedimentos de origem Cenozóica na Planície Costeira (SUGUIO; MARTIN, 1978) – revelando, assim, sua complexa história de formação e evolução.

Conforme Almeida e Carneiro (1998), a origem da Serra do Mar vincula-se a reativações de períodos geológicos distintos, que vão desde o Pré-Cambriano e o Eopaleozóico, dando origem a diversas associações migmatíticas e metamórficas, bem como a inúmeros complexos ígneos, que explicam a ampla variedade de tipos litológicos do embasamento exposto, cujos estágios ainda são mal conhecidos.

De acordo com Ross (2008), a gênese da Serra do Mar:

Vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. As diversas fases orogenéticas do Pré-Cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético Pós-Cretáceo, que perdurou pelo menos até o Terciário Médio, gerou o soerguimento da Plataforma Sul-Americana, reativou os falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas, [...] (ROSS, 2008, p. 58).

Além disso, a Serra do Mar foi submetida a períodos de pediplanação a partir da metade do Paleogeno, passando gradualmente a blocos geomorfologicamente conformes, explicando a aparente oposição entre a escarpa da Serra do Mar e a declividade suave da Plataforma Continental, que lhe é contínua. (AB´SABER, 1965, p. 50).

Compreende-se que a gênese da Planície Costeira foi influenciada pela erosão remontante das encostas da Serra do Mar sendo, portanto, um fenômeno imbricado à sua evolução.

Conforme Suguio (2003, p. 13), as Planícies Costeiras existentes na maior parte do litoral brasileiro tiveram sua gênese vinculada às consequências paleoclimáticas oriundas, principalmente, da glacioeustasia. Esta se refere às variações do nível do mar devido aos fenômenos glaciais, isto é, de natureza climática.

As variações do nível do mar durante o Quaternário foram caracterizadas por várias fases transgressivas e regressivas. De acordo com Suguio et al. (1985 p. 274), a maior parte das planícies do litoral paulista é formada por depósitos arenosos originados durante a última fase transgressiva (Holocênica, c. 5.100 anos A.P). Em alguns outros trechos do litoral, também foram identificados depósitos ligados às transgressões mais antigas, como a Transgressão Cananéia do Pleistoceno (120 mil anos A.P.) “O testemunho de areia Pleistocênica, encontrado próximo a Bertioga, foi preservado da ação erosiva das ondas pela extremidade norte da ilha de Santo Amaro” (SUGUIO; MARTIN, 1978, p. 37).

A regressão marinha, ocorrida até o nível atual, e os efeitos da tectônica cenozóica condicionaram a erosão regressiva das cabeceiras dos rios serranos sobre o Planalto Atlântico, assim como o entalhamento dos depósitos mais antigos, estabelecendo-se as planícies de maré e planícies fluviais e aluvionares, bem como as praias, que configuram, atualmente, o compartimento topográfico da Baixada Santista, com seus morros isolados (SUGUIO; MARTIN, 1978, p. 30).

Assim, devem-se considerar os acontecimentos que acometeram o relevo da área de estudo ao longo da escala do tempo geológico. Neste contexto naturalmente complexo, compreende-se que os eventos expostos remodelaram o relevo, influenciaram na estrutura e morfometria deste, modificaram redes de drenagem e, portanto, mudaram processos de erosão e deposição, dentre outras consequências. Os processos morfogenéticos estão intrinsecamente ligados à sua forma, geometria, redes de drenagem etc, envoltos nas relações sistêmicas, das quais faz parte, atualmente, a atuação antrópica.

Estas informações são fundamentais neste estudo por demonstrarem o contexto histórico-evolutivo do relevo em questão, apresentando assim os motivos da atual forma existente, bem como os processos evolutivos que ocorrem – atributos inerentes à análise morfométrica. Desta forma, serão abordadas, a seguir, a metodologia e as técnicas utilizadas para a elaboração das cartas morfométricas.

MÉTODO E TÉCNICAS

O método utilizado nesta pesquisa fundamenta-se nos princípios que regem a Teoria Geral dos Sistemas, a qual se refere ao fluxo de matéria e energia, imprescindível para a compreensão da esculturação do relevo, que se constitui no elemento definidor da investigação da geomorfologia. (CUNHA; MENDES, 2005, p. 112)

Visto que toda ação exercida sobre o meio natural acarreta uma reação deste, compreende-se que a geomorfologia, através do estudo das formas do relevo e dos processos geomorfológicos, é essencial para o estudo ambiental, visto que o homem interage com as formas do relevo através do uso e ocupação da terra, modificando tanto as formas quanto os processos. É sob a égide desta teoria, portanto, que se encontram as bases desta pesquisa, haja vista a sua adequação às análises geomorfológicas aqui pretendidas. Diante do exposto, seguem os procedimentos técnicos utilizados na pesquisa.

Uma etapa importante para a análise morfométrica do relevo é a elaboração da base topográfica da área de estudo, visto que, com base nas informações desta, serão elaboradas as demais cartas morfométricas anteriormente citadas.

Devido à escala utilizada para a análise ser de 1:50.000, optou-se por adotar a proposta de Garcia et al. (1993, p. 308), a qual sugere, para a elaboração de cartas morfométricas em áreas costeiras e cristalinas, a utilização do enriquecimento da drenagem.

Assim, a partir da base topográfica digitalizada, georreferenciada e com a drenagem enriquecida, foram elaboradas as cartas morfométricas referentes à carta clinográfica (declividade), à carta de dissecação horizontal, à carta de Dissecação vertical e à carta de energia do relevo.

Carta Clinográfica (ou Carta de Declividade)

A carta clinográfica ou de declividade tem como objetivo quantificar a inclinação ou o declive do terreno, possibilitando diagnosticar possíveis áreas de ocorrência de processos denudacionais, tais como remobilização de formações superficiais ou de corpos rochosos (CUNHA, 2001).

Por intermédio da quantificação da distância entre as curvas de nível, entre o canal fluvial e a curva de nível, e entre as linhas de cumeada e as curvas de nível, a carta clinográfica, conhecida também como carta de declividade, consiste basicamente num instrumento com o qual podem ser representados os aspectos morfoesculturais do relevo (ZACHARIAS, 2001).

A elaboração da carta clinográfica ou de declividade baseou-se na proposta de De Biasi (1970; 1992), seguindo também as adaptações feitas por Sanchez (1993). Conforme De Biasi (1970), estas cartas são consideradas documentos básicos para o planejamento regional, visto que permitem representar, por intermédio da representação das porcentagens de declives, a melhor visualização destes, realçando as áreas de declividades homogêneas.

Através da análise da equidistância das curvas de nível e do espaçamento entre as curvas, é possível obter a declividade. Segundo De Biasi (1991), os dados de declividade, em porcentagem, podem ser obtidos através da seguinte fórmula:

$$D = \frac{N}{E} \times 100, \text{ onde:}$$

D= declividade (em porcentagem);
N= equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);
E= espaçamento entre as curvas de nível (distância horizontal).

Aplicando esta regra, foram estabelecidas classes de declividade que, segundo De Biasi e Herz (1989, apud De Biasi, 1992 p. 47), deverão considerar o que já está estabelecido por lei para os diferentes usos e ocupação territorial. Para tanto, são sugeridos pelos autores (op. cit.) os respectivos valores:

- <5% - Limite urbano-industrial, utilizado internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo e da Empresa metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A.
- 5-12% - Esse limite possui algumas variações [...]. A diferença é muito pequena, pois essa faixa define o limite máximo do emprego da mecanização da agricultura (CHIARINI; DONZELLI, 1973, apud DE BIASI, 1992).
- 12-30% - O limite de 30% é definido por legislação federal – Lei 6766/79 - também chamada Lei Lehmann, que vai definir o limite máximo para a urbanização sem restrições, a partir do qual toda forma de parcelamento far-se-á através de exigências específicas.
- 30 – 47% - O Código Florestal fixa o limite de 47% como limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por coberturas florestais. Lei 4771/65 de 15/09/1965.
- >47% - O artigo 10 do Código Florestal prevê que na faixa situada entre 47% a 100% “não é permitida a derrubada de florestas, [...] só sendo tolerada a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes. (HERZ, 1989, apud DE BIASI, 1992 p. 47)

Cabe ressaltar ainda que, adotando a proposta de Sanchez (1993, p. 312) para áreas como de fundo de vale e topos, envolvidas por uma mesma curva de nível, foi utilizado um ábaco complementar, calculado pela metade do valor da equidistância das curvas de nível. Desta forma, “[...] o resultado obtido representa uma aproximação mais objetiva e melhor sustentada [...]” (SANCHEZ, 1993, p. 312).

Devido à escala utilizada na presente pesquisa, foi possível o detalhamento das classes inferiores e necessária a generalização das superiores. Assim, foram estabelecidas as seguintes classes, conforme a tabela 1:

Classes de Declividade	Distância Horizontal	Cor na Carta
< 2%	< 20 mm	Verde
2 5%	20 8 mm	Amarelo
5 12%	8 3,3 mm	Laranja
12 20%	3,3 2 mm	Vermelho
20 30%	2 1,33 mm	Marrom
≥ 30%	≥ 1,33 mm	Preto

Tabela 1 – Distância, classes e cores correspondentes à representação dos declives.

Cada classe de declividade tem uma cor atribuída de acordo com o ordenamento da rosa cromática e utilizando o princípio cartográfico de intensidade do fenômeno, o qual considera que quanto mais intenso for o fenômeno, mais escura deverá ser a cor utilizada. Após o estabelecimento das classes, construiu-se um ábaco representando a distância entre as curvas de nível correspondentes a cada classe.

A carta de declividade foi elaborada, nesta pesquisa, em ambiente digital. Portanto, houve a necessidade da utilização de técnicas semiautomáticas. Para que fosse possível tal feito, adotou-se o ábaco digital circular proposto por Simon e Cunha (2009). Neste, cada círculo corresponde a uma classe de declividade cuidadosamente calculada, elaborada no ambiente do programa Auto CAD.

A partir destes procedimentos, portanto, concluiu-se a carta de declividade, seguindo-se para a elaboração da carta de dissecação horizontal.

Carta de Dissecação Horizontal

De acordo com Cunha (2001), a carta de dissecação horizontal quantifica a distância entre a linha de cumeada e o talvegue, possibilitando a análise da dissecação elaborada pela drenagem, contribuindo na avaliação da fragilidade do

terreno à atuação dos processos morfogenéticos fluviais, indicando setores onde interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes.

A elaboração da carta de dissecação horizontal baseou-se na proposta de Spiridonov (1981), utilizando os procedimentos semiautomáticos propostos por Zacharias (2001), desenvolvidos no programa AutoCAD Map.

Conforme Spiridonov (1981), no processo de construção deste documento cartográfico deve-se compreender o relevo, representado nas cartas topográficas, como um triângulo retângulo no qual a linha de cumeada é possível de se obter através da interpretação dos setores de dispersão de água. Deste modo, é possível identificar a distância entre tal linha e o talvegue fluvial traçado (CUNHA 2001).

A partir da base cartográfica, foram delimitadas sub-bacias, partindo-se das maiores para as de menor extensão, estabelecendo a área drenada por cada curso fluvial. Assim, foi possível identificar as classes de dissecação de acordo com a distância entre o talvegue e a linha de cumeada, por intermédio dos procedimentos semiautomáticos propostos por Zacharias (2001).

Para a elaboração das classes de dissecação horizontal, foram consideradas tanto as recomendações de Spiridonov (1981), como as características morfoesculturais e morfoestruturais da área de estudo. Assim, o primeiro passo foi identificar a máxima distância entre a linha de cumeada e o talvegue fluvial, com o objetivo de estabelecer o universo de variações do referido parâmetro. Feito isso, considerou-se a recomendação do autor (op. cit.), segundo a qual é necessário dobrar os valores para criar intervalos de classe significativos.

A partir desses parâmetros, criaram-se as seguintes classes de dissecação horizontal, conforme a tabela 2:

Classes de Dissecação Horizontal	Distância Horizontal	Cor na Carta
< 50 metros	< 1 mm	Preto
50 100 metros	1 2 mm	Marrom
100 200 metros	2 4 mm	Vermelho
200 400 metros	4 8 mm	Laranja
400 800 metros	8 16 mm	Amarelo
≥ 800 metros	≥ 16 mm	Verde

Tabela 2 – Distância horizontal, classes e cores correspondentes à representação da dissecação horizontal.

No que se refere às técnicas semiautomáticas utilizadas para a elaboração desta carta, o primeiro procedimento foi a criação de topologias que permitem determinar uma relação espacial e geográfica entre os objetos selecionados. No caso desta pesquisa, relacionam-se divisores de água e a drenagem, pois é por intermédio destes dois elementos que se constroem as cartas de dissecação horizontal. Além disso, cria-se uma topologia agrupada associando as duas topologias iniciais. É esta nova topologia que possibilita a delimitação das zonas buffer, as quais auxiliam o estabelecimento das classes morfométricas de dissecação horizontal, pois identificam as distâncias entre os divisores e o canal fluvial, automaticamente. (ZACHARIAS, 2001).

Elaborada a carta de dissecação horizontal, seguiu-se na elaboração da carta de dissecação vertical do relevo.

Carta de Dissecação Vertical

A elaboração da carta de dissecação vertical também se baseou na proposta de Spiridonov (1981), utilizando os procedimentos semiautomáticos propostos por Zacharias (2001).

De acordo com Cunha (2001), a carta de dissecação vertical possibilita a quantificação da altitude relativa entre a linha de cumeada e o talvegue, permitindo a análise da profundidade do nível de entalhamento realizado pela drenagem e, principalmente, a identificação e comparação dos diferentes estágios deste entalhe.

Conforme Spiridonov (1981, p. 149), o primeiro passo para a elaboração da carta de dissecação vertical é a delimitação de cada sub-bacia registrada na área. A seguir, devem ser identificados os pontos de intersecção entre a curva de nível e o talvegue; estes pontos são ligados ao divisor de águas (linha de cumeada), ou seja, identifica-se a menor distância entre o talvegue e a linha de cumeada. Deste modo, delimitam-se setores dentro de cada sub-bacia, os quais são classificados de acordo com sua altitude em relação ao talvegue.

As classes de dissecação vertical são identificadas de acordo com o desnível altimétrico relativo, dado pelas curvas de nível, entre o divisor de água e o talvegue, obedecendo ao traçado da reta perpendicular. Dessa forma, como a escala da carta utilizada é de 1:50.000, a equidistância entre as curvas de nível corresponde a vinte metros e, portanto, define as classes de dissecação vertical (Tabela 3).

Classes de Dissecação Vertical	Cor na Carta
< 20 metros	Verde
20 ┆ 40 metros	Amarelo
40 ┆ 60 metros	Laranja
60 ┆ 80 metros	Vermelho
80 ┆ 100 metros	Marrom
≥ 100 metros	Preto

Tabela 3 – Classes de dissecação vertical e respectivas cores representativas.

Para a elaboração dos pontos de intersecção, para a delimitação da menor distância entre a linha de cumeada e o talvegue, no ambiente digital *AutoCAD Map*, foram adotadas as propostas de Zacharias (2001), criando-se topologias individuais para três entidades, a saber: talvegue (drenagem), linha de cumeada (divisor de

águas) e altimetria (representada pelas curvas de nível), bem como seus respectivos *layers*.

A criação destas topologias permite o estabelecimento de relações espaciais entre as mesmas. Com as topologias criadas e seus *layers* respectivamente ativados, é possível identificar os pontos onde ocorre a intersecção entre os rios e as curvas de nível para posterior classificação das classes morfométricas de dissecação vertical, unindo-os por intermédio de uma reta perpendicular ao divisor de águas, respeitando a linha de maior queda do relevo, ou seja, a menor distância entre o talvegue e a linha de cumeada.

Deste modo, foi possível delimitar os setores dentro de cada sub-bacia, classificados de acordo com a proposta de Spiridonov (1981), com o valor da equidistância entre as curvas de nível, o qual retrata o desnível altimétrico entre essas.

A partir destes procedimentos, portanto, concluiu-se a carta de dissecação vertical da área de estudo, seguindo-se para a elaboração da carta de energia do relevo (carta síntese).

Carta de Energia do Relevo

A carta de energia do relevo tem o objetivo de quantificar o potencial que o relevo possui para o desencadeamento dos processos morfogenéticos, ou seja, o potencial de acúmulo de energia.

Esta carta foi elaborada seguindo a proposta de Mendes (1993), que recomenda a construção desta a partir das informações quantitativas dos três documentos morfométricos já mencionados: carta de declividade, carta de dissecação horizontal e carta de dissecação vertical. Deste modo, trata-se de uma carta de síntese, com classes estabelecidas qualitativamente, a partir da análise dos

dados quantitativos obtidos através dos outros documentos. Visto que as cartas anteriormente elaboradas propiciam a análise de setores potencialmente susceptíveis aos processos denudacionais, seja pela dinâmica gravitacional e/ou fluvial, a síntese destes dados possibilita a análise de tais indicativos num só documento cartográfico.

A sobreposição de dados durante a elaboração da carta de energia do relevo é comum, devido à grande quantidade de dados que são transpostos durante sua elaboração. Contudo, cabe destacar que o usuário tem todo o controle do processo, proporcionado pelos comandos disponíveis no programa *AutoCAD* 2004. Por isso, que sua elaboração seja feita de forma precisa, considerando as características intrínsecas de cada área. Além disso, recomenda-se que as classes sejam individualizadas a partir das áreas que apresentam as energias mais fortes, a fim de que esses aspectos não sejam descaracterizados na ocorrência das sobreposições. As classes de energia do relevo, bem como suas possíveis sobreposições, constam na tabela 4.

Classes	Declividade	Dissecação Horizontal	Dissecação Vertical
	< 2	< 50	< 20
	≥ 30	50 800	20 100
MUITO FORTE (PRETO)	< 2	≥ 800	≥ 100
	2 30	< 50	< 20
			20 100
			≥ 100
	< 2	50 800	
	2 30	≥ 800	≥ 100
	2 30	50 800	< 20
		≥ 800	20 100
FORTE (MARRON)	< 2	50 100	< 20
	2 20		20 100
	< 2	100 800	
	2 20	≥ 800	80 100
		100 800	< 20
	12 20	≥ 800	20 80
MEDIANAMENTE FORTE (VERMELHO)	< 2		< 20
	2 12	100 200	20 80
	< 2	200 800	
	2 12	≥ 800	60 80
	5 12	200 800	< 20
		≥ 800	20 60
MÉDIA (LARANJA)	< 2	200 400	< 20
	2 5		20 60
	< 2	400 800	
	2 5	≥ 800	40 60
	2 5	400 800	< 20
		≥ 800	20 40
FRACA (AMARELO)	< 2	400 800	< 20
		≥ 800	20 40
	< 2	≥ 800	20 40
MUITO FRACA (VERDE)	< 2	≥ 800	< 20

Tabela 4 – Tabela construída para a integração dos dados das cartas de declividade, de dissecação vertical e de dissecação horizontal na carta de energia do relevo.

Deste modo, para exemplificar, a classe de energia do relevo denominada “muito forte” representa os locais do relevo onde as declividades são iguais ou superiores a 30%, onde a Dissecação Horizontal é menor que 50 metros e a

Dissecação Vertical é superior ou igual a 100 metros. Esta classe de energia do relevo representa então os locais com o maior potencial para o acúmulo de energia e desencadeamento de processos morfodinâmicos, devendo prevalecer sobre qualquer outra classe de energia do relevo, visto que é a classe que representa setores de maior energia.

Relatadas as técnicas utilizadas para a construção das cartas morfométricas, seguem os resultados obtidos, os quais são discutidos a partir dos produtos cartográficos elaborados.

RESULTADOS OBTIDOS

A análise morfométrica da área de estudo, de um modo geral, apresentou resultados significativos. Visando uma abordagem ampla, primeiramente serão apresentadas as questões gerais da área. Em seguida, serão tratados os resultados específicos, a partir dos compartimentos geomorfológicos presentes na área de estudo.

Segundo Christofolletti (1981, p. 107), os canais fluviais são os agentes morfogenéticos mais ativos na esculturação do relevo. Assim, a avaliação da distribuição espacial da rede de drenagem, proporcionada pelas cartas de dissecação horizontal e vertical, associada à potencialidade da ação da força gravitacional, apresentada pela carta de declividade, possibilita compreender o grau de suscetibilidade potencial dos terrenos à ação morfogenética e, conseqüentemente, à atuação antrópica.

As formas do relevo, associadas aos outros fatores geoambientais, tais como o clima, a geologia, a vegetação, a hidrografia, condicionam os processos que ocorrem neste, bem como o seu comportamento mediante a ação que lhe é imposta.

Com base nas informações obtidas através da interpretação da carta de declividade (gráfico 1B), constatou-se que a área de estudo apresenta 45,2% da sua área com declives $\geq 30\%$, ou seja, altamente susceptíveis aos processos morfogenéticos relacionados a ações gravitacionais; seguido por 22,8% da área apresentando declives de 20 | 30 %, ou seja, um forte declive.

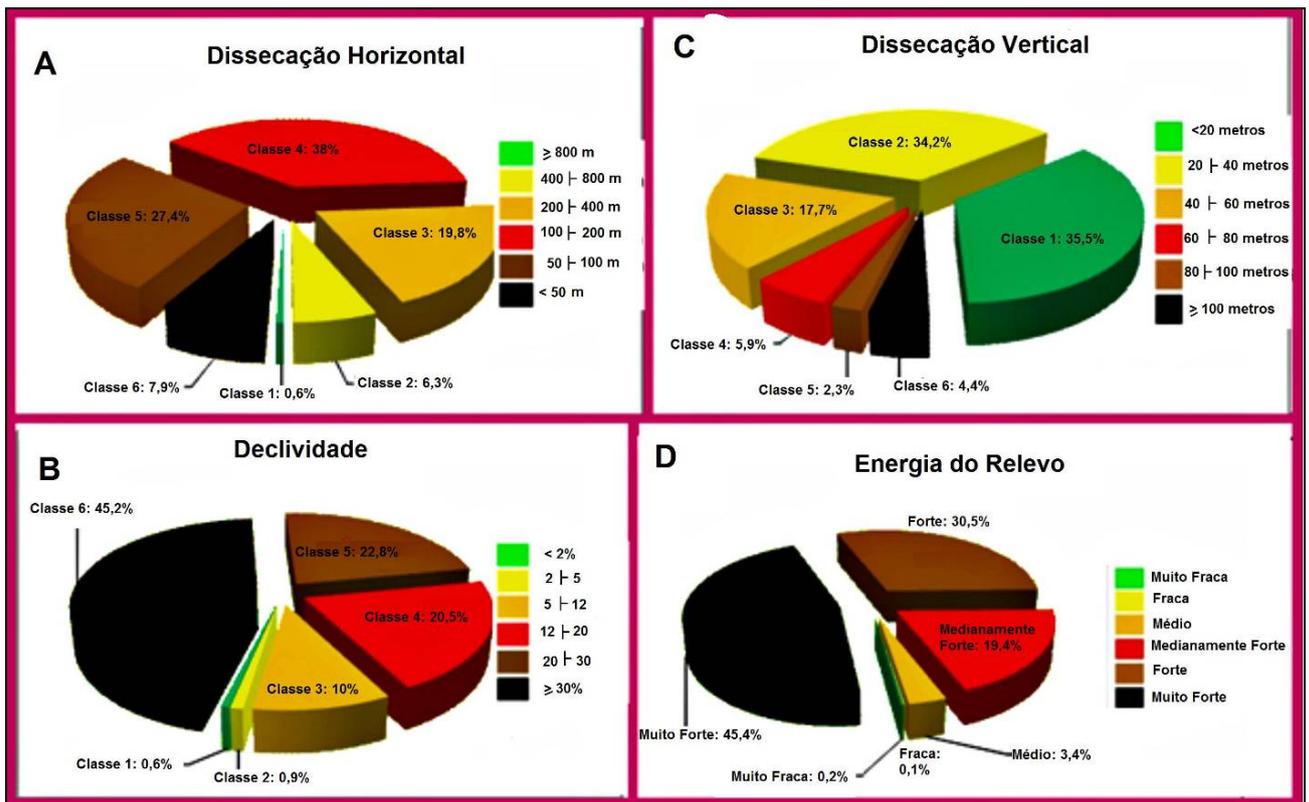


Gráfico 1: Porcentagens da área de estudo de acordo com as classes estabelecidas para cada documento cartográfico. Elaboração e Orgs: MACHADO, A.C.P. (2010).

No que concerne ao entendimento da dinâmica fluvial, 35,5% da área de estudo apresentou nível de dissecação vertical <20 metros, ou seja, trata-se de uma área que possui uma rede de drenagem com nível de entalhamento pequeno; seguida por 34,2% da área que apresenta dissecação vertical de 20 | 40 metros de altitude relativa (gráfico 1C).

Ainda por meio da carta de dissecação horizontal, foi possível constatar que 38% da área (gráfico 1 A) apresenta um nível de dissecação horizontal de 100 | 200 metros de distância e 27,4% da área apresenta dissecações de 50 | 100 metros de distância, ou seja, a área possui um nível de dissecação horizontal de médio a forte, revelando uma densa rede de drenagem.

A carta de energia do relevo, ao integrar os dados das cartas acima expostas, revelou que, de maneira geral, tem-se 30,5 % da área (gráfico 1 D) com energia do relevo forte e 46,4 % da área com energia do relevo muito forte, ou seja, a maior parte da área apresentou forte potencialidade para o desencadeamento de processos morfogenéticos, tanto de ordem gravitacional quanto pela dinâmica fluvial.

A análise morfométrica do relevo da área de estudo evidenciou o comportamento distinto de cada um dos compartimentos geomórficos que a compõem. Assim, a área de estudo apresenta três compartimentos geomorfológicos distintos (figura 2), a saber: Planalto Atlântico, constituído por morrotes baixos, morrotes alongados paralelos e morros paralelos (IPT, 1981); Serra do Mar, caracterizada por escarpas dissecadas compostas de espigões e topos angulosos; e a Planície Costeira.

Compartimentos do Relevo da Alta Bacia do Rio Itanhaém (Itanhaém - SP)

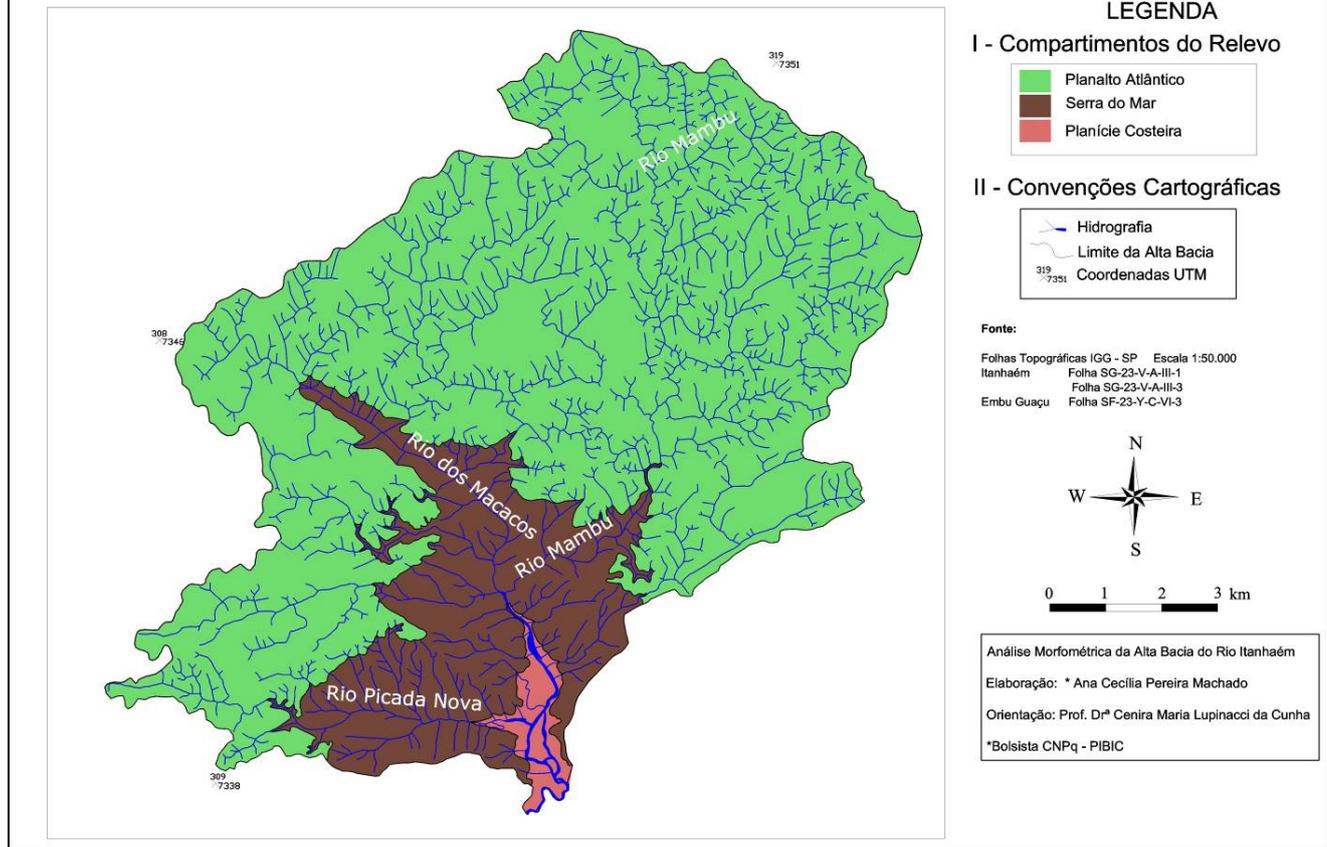


Figura 2 – Compartimentos do relevo da área de estudo.

Deste modo, pode-se constatar, por meio da carta de declividade (Figura 3), que a Serra do Mar apresenta predomínio de declives $\geq 30\%$ - representado pela cor preta. Nesta, os declives variavam de 20% a 30% apenas nas proximidades dos canais fluviais ou nos setores de grande convexidade das vertentes.

Carta Clinográfica da Alta Bacia do Rio Itanhaém (Itanhaém - SP)

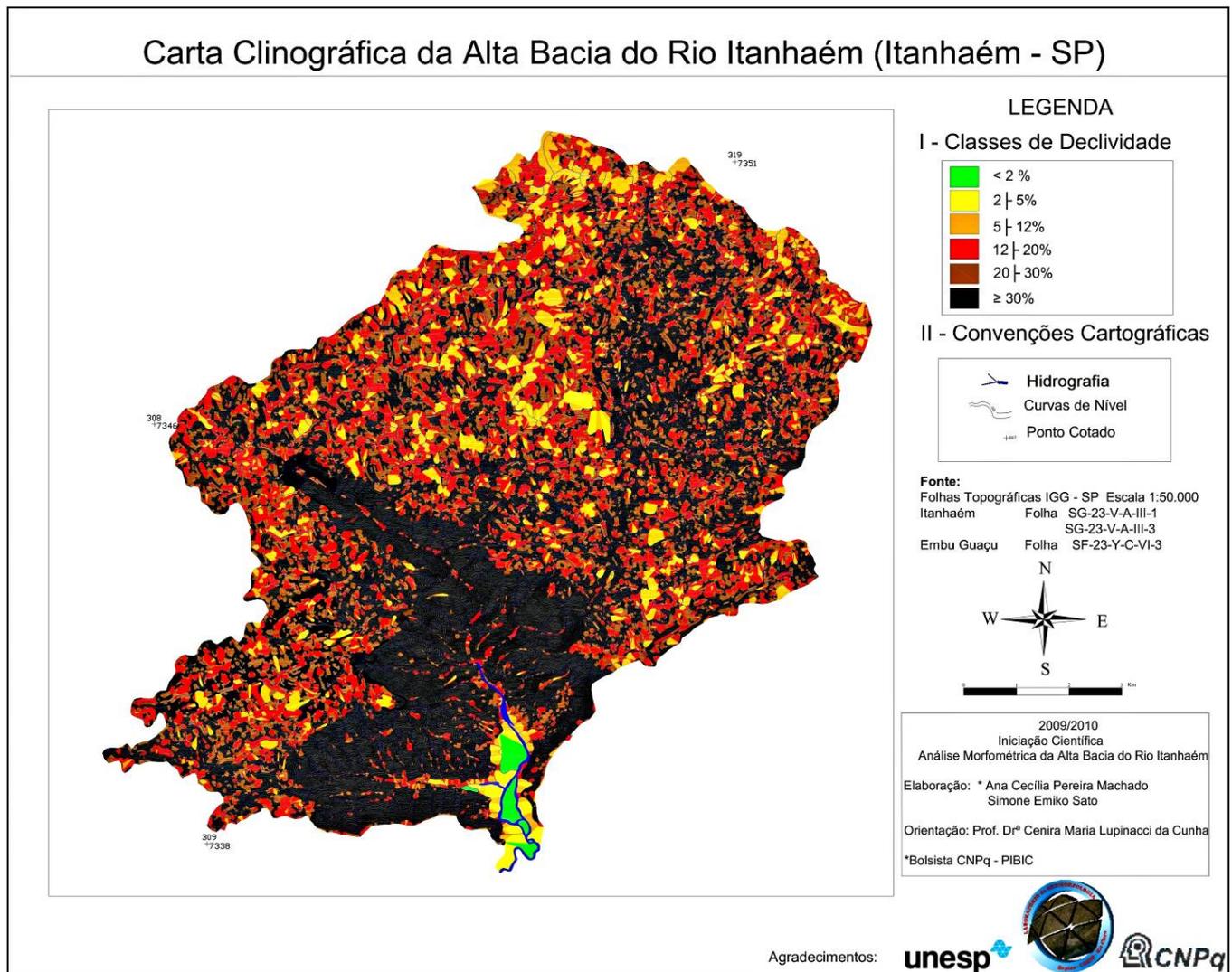


Figura 3 – Carta Clinográfica (ou de Declividade) da Alta Bacia do Rio Itanhaém. Itanhaém/SP.

A carta de dissecação horizontal (figura 4) evidenciou que a Serra do Mar apresenta os mais variados níveis de dissecação, demonstrando, de um modo geral, a predominância do grau mediano (de 100 | 400 metros). Já a carta de dissecação vertical (figura 5) evidenciou, nesta área, o predomínio de dissecação vertical de valores ≥ 100 metros, demonstrando o alto nível de entalhamento elaborado pela drenagem, bem como a forte potencialidade da ação gravitacional.

Carta de Dissecação Horizontal da Alta Bacia do Rio Itanhaém (Itanhaém - SP)

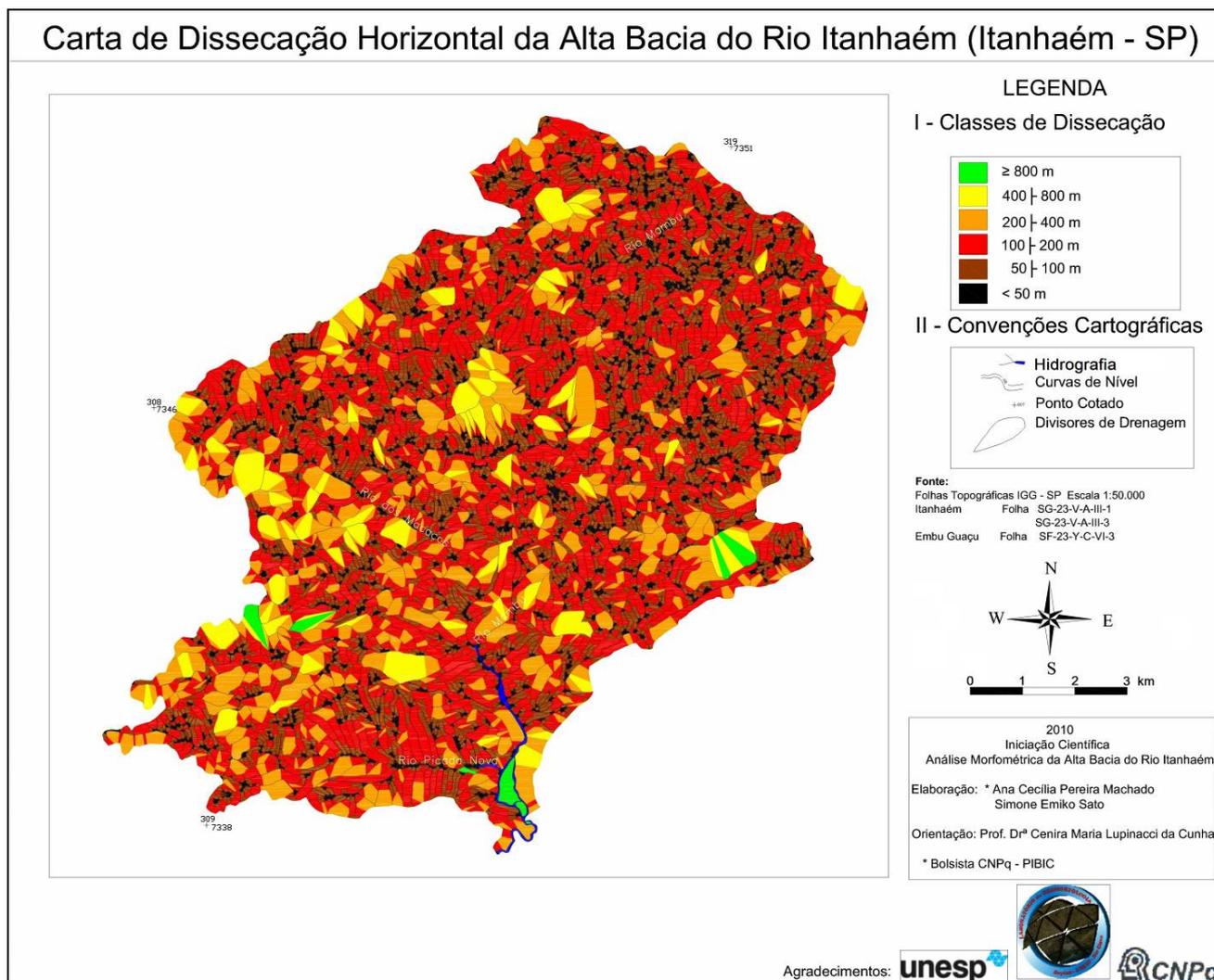


Figura 4: Carta de Dissecação Horizontal da Alta Bacia do Rio Itanhaém. Itanhaém/SP.

Deve-se destacar que as cartas de dissecação vertical e horizontal demonstram a forte influência da rede de drenagem como agente morfogenético de esculturação do relevo. Assim, os dados da carta de dissecação horizontal e vertical revelam o trabalho morfogenético do canal fluvial – o resultado do trabalho efetuado pelo leito do rio sobre determinada litologia, que também sofre influências diversas do meio em que está inserido.

Carta de Dissecação Vertical da Alta Bacia do Rio Itanhaém (Itanhaém - SP)

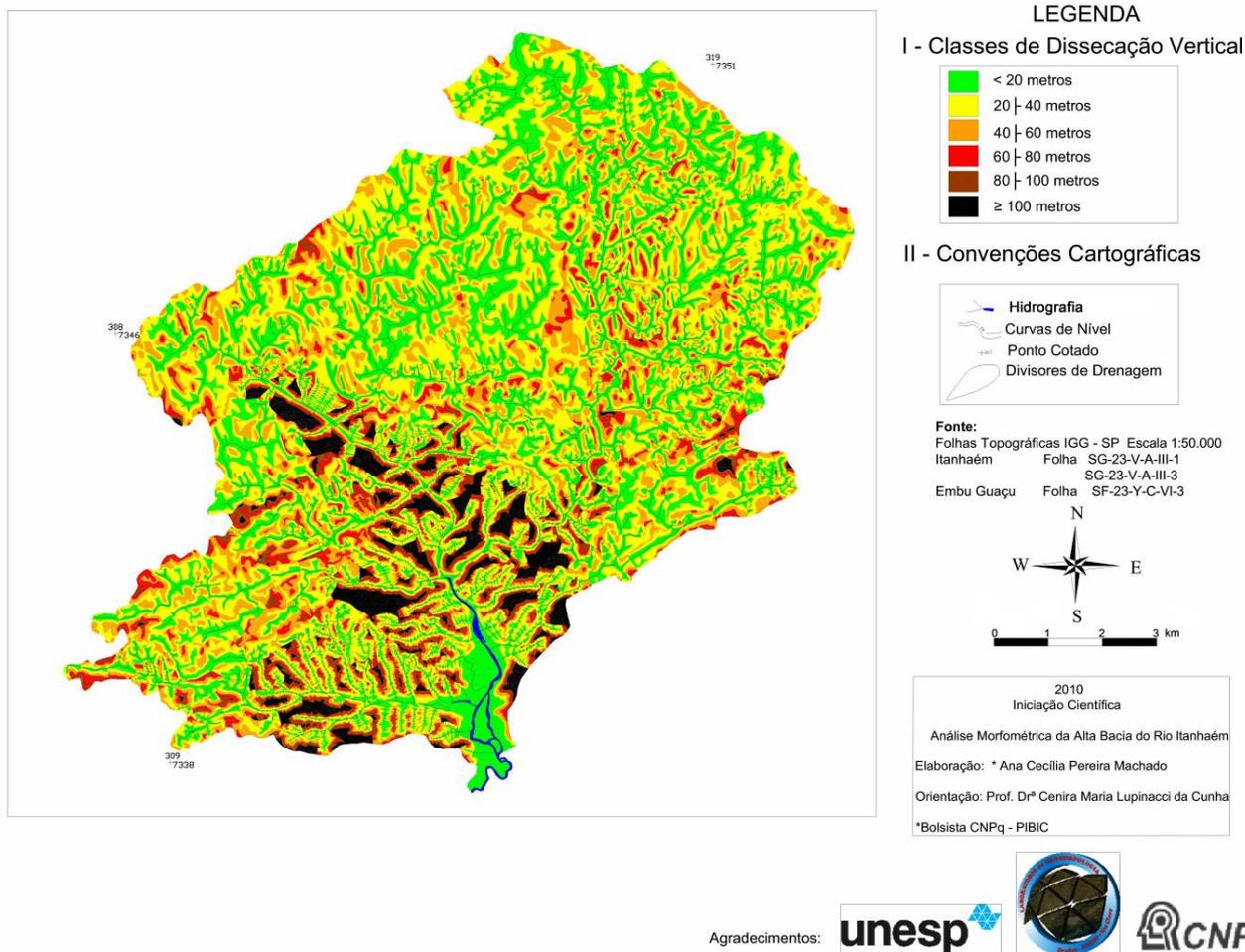


Figura 5: Carta de Dissecação Vertical da Alta Bacia do Rio Itanhaém. Itanhaém/SP

A carta de energia do relevo (figura 6), ou carta síntese, evidencia a influência da declividade na determinação de um forte grau de potencialidade para o desencadeamento de processos morfogenéticos no relevo na Serra do Mar, apresentando um predomínio significativo de grau de energia do relevo denominado “muito forte”. Os setores que abarcam o grau “forte” e “medianamente forte” neste setor, quando ocorrem, estão associados a setores planos de fundo de vale ou a declives menores vinculados à convexidade das vertentes.

Na área da Serra do Mar a litologia, o ambiente estrutural falhado, com solos pouco desenvolvidos, drenagens encaixadas nas falhas, alta declividade (declives \geq

30%) e alta pluviosidade possibilitam um ambiente altamente susceptível, intensificando o escoamento superficial e, conseqüentemente, possibilitando a ocorrência de processos de movimentação de massa, tais como escorregamentos, desmoronamento, *creeping*, assim como outros processos erosivos, sejam estes naturais ou induzidos pela ação antrópica. São os processos denudacionais os mais ativos nessa área.

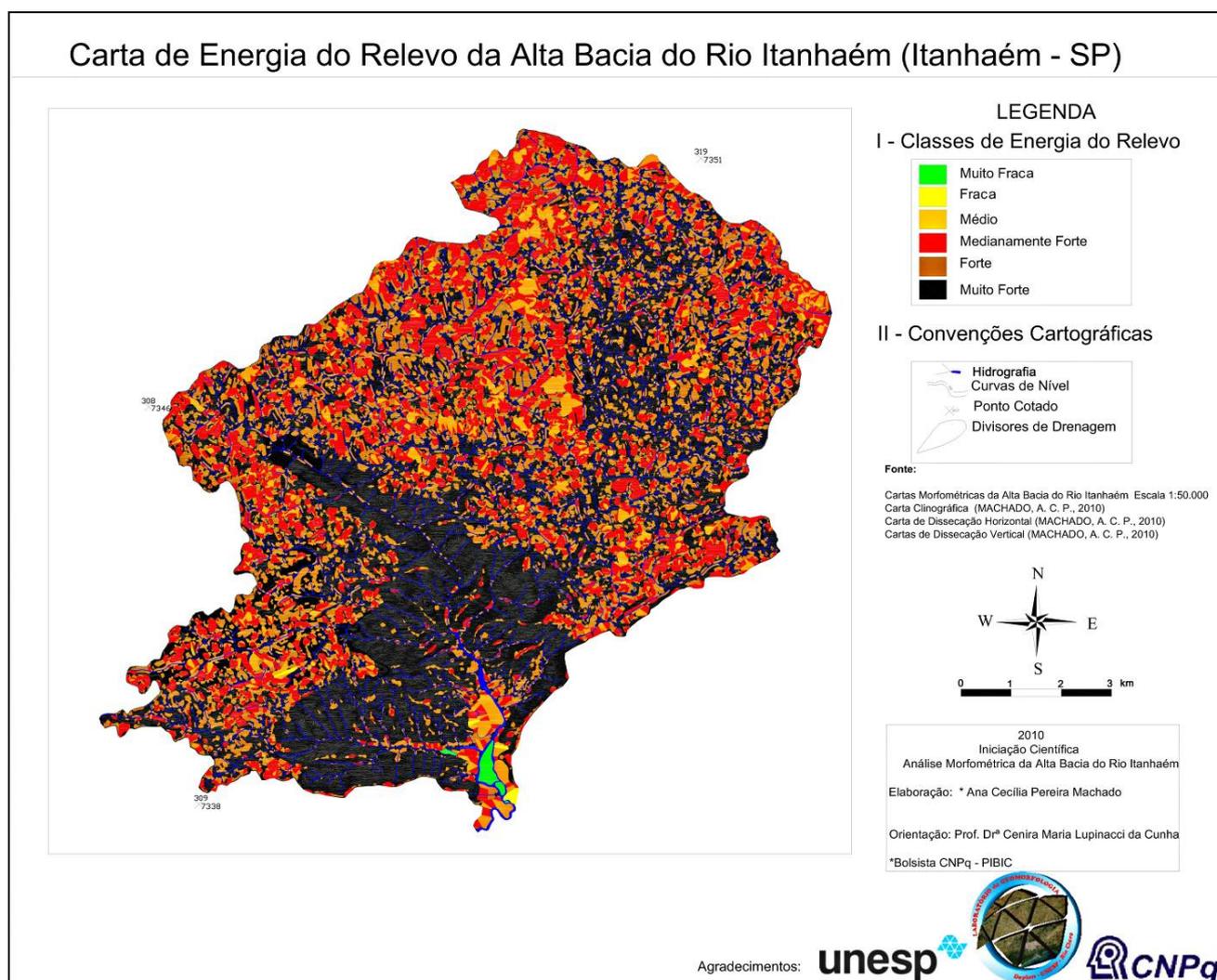


Figura 6: Carta de Energia do Relevo da Alta Bacia do Rio Itanhaém. Itanhaém/SP.

No Planalto Atlântico, constatou-se uma grande variabilidade espacial das classes de declividade, de dissecação horizontal e, conseqüentemente, de energia do relevo.

Foram detectadas classes de declividade que vão de 2% a $\geq 30\%$ de declive, com predomínio dos valores de declive que vão de 12% a 30%, indicando a possível influência da ação da gravidade nos processos morfogenéticos. A carta de dissecação vertical detectou a predominância dos valores que vão de < 20 metros até 40 metros. Esses dados indicam baixos índices de entalhamento da rede de drenagem presente neste setor da área de estudo. Contudo, os topos apresentam grau de dissecação vertical muito variado, estando inseridos em classes que variam de 40 a ≥ 100 metros, com decréscimo em área das classes mais baixas para as mais altas. Isso demonstra uma grande variabilidade do grau de entalhamento que ocorre neste compartimento do relevo, a qual, provavelmente, está ligada às estruturas falhadas que, quando presentes, possibilitam maior escavação da rede fluvial.

No que concerne à dissecação horizontal, também se constataram, neste compartimento geomórfico, comportamentos distintos. No setor localizado a nordeste da área de estudo, nota-se um predomínio das distâncias da linha de cumeada ao talvegue de 50 a 200 metros, o que denota um ambiente fortemente trabalhado pela dinâmica fluvial. Cabe ressaltar que, nesta mesma área, foram detectados vários trechos apresentando valores maiores ou iguais a 30% de declive. Enquanto isso, no setor localizado a noroeste e norte da área de estudo, constata-se um predomínio da distância da linha de cumeada ao talvegue de 100 a 400 metros de dissecação horizontal, o que denota um ambiente medianamente trabalhado pela hidrografia.

Constatou-se, por intermédio da carta de energia do relevo, que o Planalto Atlântico apresenta um grau de potencialidade ao desencadeamento dos processos morfogenéticos que variam de “medianamente forte” a “forte”, pelo predomínio de ambas as classes no compartimento. Também evidenciou muitos trechos que apresentam um grau de energia do relevo denominado “muito forte”. Setores pontuais apresentam o grau de energia “médio” e apenas um ponto a sudoeste da área apresentou a classe de energia “fraca”. Foi nítida a ausência da classe “muito fraca” neste setor.

Estes dados revelam que o compartimento Planalto Atlântico possui uma densa rede de drenagem, gerando uma dinâmica fluvial intensa e que, em alguns setores, possui seu potencial morfogenético aumentado em decorrência da alta declividade. Além disso, a variabilidade espacial registrada pelas classes de energia do relevo demonstra que o manejo da área deve ser diferenciado, de acordo com sua suscetibilidade potencial, não cabendo generalizações.

Na Planície Costeira foi detectado o predomínio dos valores que vão desde <2% a 5% de declive. No que tange à dissecação horizontal, observa-se o predomínio da distância da linha de cumeada ao talvegue de 200 a 800 metros. Na carta de dissecação vertical, predominaram os valores de dissecação < 20 metros. Estes dados relevam o predomínio dos processos agradacionais neste setor do relevo. A carta de energia do relevo, ou carta síntese, evidenciou valores de energia do relevo que vão desde o grau medianamente forte até o grau denominado energia do relevo “muito fraca”. Este setor foi o único que apresentou a classe de energia ‘muito fraca’.

Embora os valores da morfometria neste setor possam indicar uma área teoricamente pouco susceptível, convém lembrar que esta corresponde a terreno formado pela dinâmica deposicional fluvial e litorânea, sofrendo forte influência morfogenética, com material arenoso e inconsolidado, advindo da ação dos rios e do oceano. Os processos agradacionais são os mais ativos nessa área, sendo altamente sensíveis à remobilização destes sedimentos. Trata-se, portanto, de um ambiente frágil, altamente susceptível.

Conforme Ross e Moroz (1997, p. 55), as Planícies Costeiras “possuem potencial de fragilidade muito alto por serem áreas sujeitas às inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos às acomodações constantes”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados expostos acima, pode-se concluir que a análise morfométrica da alta bacia do Rio Itanhaém possibilitou a identificação de setores potencialmente mais susceptíveis aos processos morfogenéticos, grande parte por influência das altas declividades associadas à densa rede de drenagem. Essa constatação pode ser feita por intermédio da análise dos declives da área, do grau de entalhamento da rede de drenagem e da distância entre linhas de cumeadas e fundos de vale.

Neste viés, observou-se que a Serra do Mar possui uma susceptibilidade natural aos processos morfogenéticos devido, dentre outros fatores, à alta declividade, bem como ao alto grau de entalhamento dos cursos fluviais.

O Planalto Atlântico possui um adensamento dos cursos fluviais, o que propicia a esse ambiente uma dinâmica morfogenética intensa associada, em alguns setores, a altas declividades. Porém, foram identificadas susceptibilidades variáveis, de modo que o manejo da área deve ser diferenciado.

A Planície Costeira possui alta susceptibilidade devido aos materiais inconsolidados de sua morfogênese, mantendo-se em constante formação decorrente dos processos deposicionais.

Deste modo, a cartografia morfométrica possibilitou compreender melhor a dinâmica deste ambiente, cuja geometria do relevo é bastante variada. Dessa forma, as informações aqui apresentadas, quando correlacionadas a outras, referentes a outros parâmetros físicos, possibilitarão uma avaliação mais precisa da área. Assim, atingiu-se o objetivo proposto de, através da análise da morfometria do relevo da alta bacia do Rio Itanhaém, diagnosticar as fragilidades potenciais do relevo, servindo como subsídio ao planejamento da área.

REFERÊNCIAS

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

AB´SABER, A. N. A Evolução Geomorfológica. In: Orgs: Azevedo, A., **A Baixada Santista: Aspectos Geográficos. As Bases Físicas**. v. 1, São Paulo: Editora Edusp, 1965, p. 49-66.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1981.

CUNHA, C. M. L. da. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A. Proposta de análise Integrada dos elementos Físicos da Paisagem: uma abordagem geomorfológica. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 3(1): p. 111-120, jan-jun, 2005. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm>>. Acesso em: 03 fev. 2010.

DE BIASI, M. Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 21. p. 8-12, 1970.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, p. 45–60, 1992.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S. A - EMPLASA. **Sumário de Dados da Baixada Santista**. Apresenta informações e dados sobre a Baixada Santista. Ano: 2002. Disponível para download em: <<http://www.emplasa.gov.br/portalemplasa/vitrinevirtual/Publicacoes/SumarioDados.asp>>. Acesso em: 20 junho 2010.

GARCIA, J. R. et al. Sugestões Para a Elaboração de Cartas Morfométricas em Áreas Costeiras e Cristalinas. V Simpósio de Geografia Aplicada. **Anais...** São Paulo: p. 307-310. FFLCH, São Paulo, 1993.

HENRIQUE, W; MENDES. I. A. Zoneamento Ambiental em Áreas Costeiras. In: GERARDI, L. H. de O. ; MENDES, I. A. (Orgs). **Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: Temas da Geografia Contemporânea**. Rio Claro: AGETEO, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, v. 1, p. 94, 1981.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DE SÃO PAULO – IGG. São Paulo, 1970. FOLHAS TOPOGRÁFICAS: **Itanhaém**. Folha SG-23-V-A-III e SG-23-V-A-III-3. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DE SÃO PAULO – IGG. São Paulo, 1970. FOLHAS TOPOGRÁFICAS: **Embu-Guaçu**. Folha SF-23-Y-C-VI-3. Escala 1:50.000.

MENDES, I. A. **A Dinâmica Erosiva do Escoamento do Escoamento Pluvial na Bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP**. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade São Paulo. São Paulo, 1993.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA DE ITANHAÉM. Apresenta informações sobre o município. Disponível em: <<http://www.itanhaem.sp.gov.br>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2010.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP/Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997.

ROSS, J. L. S. Os Fundamentos da Geografia da Natureza. In: Orgs: ROSS, J. L. S., **Geografia do Brasil**. 5ª Edição. São Paulo: Editora Edusp, 2008. p. 15-65.

SANCHEZ, M. C. A Propósito das Cartas de Declividade. **V Simpósio de Geografia Aplicada**. Anais... São Paulo: p. 311-314. Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, 1993.

SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Elaboração do Ábaco Digital Para a Identificação de Classes de Declividade: Aplicações na Baixa Bacia do Rio Piracicaba-SP. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada **Anais...** Viçosa: v. 1., p. 1–10. Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SPIRIDONOV, A. I. **Principios de la metodologia de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de La Havana, Facultad de Geografia. v.3, 1981.

SUGUIO, K. Tópicos de Geociências para o Desenvolvimento Sustentável: as Regiões Litorâneas. Revista do Instituto de Geociências. **Geologia USP: Serie didática**. São Paulo, v. 2, n. 1, 2003.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, n. 1, Special Publication, 1978.

SUGUIO, K. et al. 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, n. 15, v.4, p. 273-286, 1985.

ZACHARIAS, A. A. **Metodologias convencionais e digitais para a elaboração de cartas morfométricas do relevo**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

RESUMO

O relevo, face às intervenções de origem antrópica, apresenta fragilidades variáveis de acordo com suas características morfogenéticas. Neste contexto, as cartas morfométricas subsidiam o planejamento ambiental, por detectarem áreas cujas características geométricas do relevo impõem limites ao uso e ocupação de origem antrópica. Assim, este artigo tem o objetivo de analisar a morfometria do relevo da alta bacia do Rio Itanhaém, por meio de documentos cartográficos (carta de declividade; carta de dissecação horizontal e vertical; carta de energia do relevo), os quais buscam diagnosticar suas fragilidades potenciais, auxiliando na definição de medidas de prevenção a desastres ambientais. A análise morfométrica possibilitou a identificação de setores potencialmente susceptíveis aos processos morfogenéticos, grande parte por influência das altas declividades associadas à densa rede de drenagem. Além disso, contribuiu para uma melhor compreensão da dinâmica deste ambiente, cuja geometria do relevo apresenta consideráveis variações.

Palavras-Chave: Cartografia Morfométrica. Itanhaém. Planejamento Ambiental. Bacia Hidrográfica. Geomorfologia. Susceptibilidade Ambiental.

ABSTRACT

The relief, facing the interventions of anthropic origin, presents variable weaknesses in accordance with its morphogenetic characteristics. In this context, the morphometric maps subsidize the environmental planning, by detecting areas whose geometrical characteristics of relief impose limits on the use and occupation of anthropic origin. Accordingly, this article aims to analyze the relief morphometry of the upper Itanhaém River basin through cartographic documents (slope map; map of horizontal and vertical dissection and relief energy map) which seek to diagnose their potential weaknesses, assisting in the definition of measures to prevent environmental disasters. The morphometric analysis allowed the identification of potentially susceptible sectors to the morphogenetic processes, largely, influenced by the high slopes associated with the dense drainage network. It also contributed to a better understanding of the dynamics of this environment, whose relief geometry has considerable variations.

Keywords: Morphometric Mapping. Itanhaém. Environmental Planning. Watershed. Geomorphology. Environmental Susceptibility.

RESUMEN

El relieve, en el face de las intervenciones antropogénicas, presenta las variables fragilidades de acuerdo a sus características morfogenéticas. En este contexto, los mapas morfométricos subsidiam la planificación ambiental, por la detección de áreas cuyas características geométricas del relieve impone límites sobre el uso y ocupación de origen antropogénico. Por lo tanto, este artículo pretende analizar la morfometría del relieve de la cuenca alta del Rio Itanhaém, a través de documentos cartográficos (carta de la pendiente, carta de la disección horizontal y vertical; carta de energía del relieve) que tratan de diagnosticar sus fragilidades potenciales, ayudando en la definición de medidas para prevenir los desastres ambientales. El análisis morfométrica permitió la identificación de las zonas potencialmente sensibles a los procesos morfogenéticos, en gran parte por la

influencia de las altas pendientes asociadas a la densa red de drenaje. Además, contribuyó a una mejor comprensión de la dinámica de este entorno, cuya geometría tiene variaciones considerables.

Palabra Clave: Cartografía morfométrica. Itanhaém. Planificación del Medio Ambiente. Cuenca Hidrográfica. Geomorfología. Susceptibilidad Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) – Processo nº 114876/2009-6.

Informações sobre as autoras:

¹Ana Cecília Pereira Machado – <http://lattes.cnpq.br/3949817884352832>
Discente do curso de graduação da Unesp - Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia.

²Cenira Maria Lupinacci da Cunha – <http://lattes.cnpq.br/2689821323942199>
Geógrafa, Mestre em Geografia e Doutora em Geociências e Meio Ambiente. Docente dos cursos de graduação e pós-graduação do IGCE - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Universidade Estadual Paulista, campus de Rio Claro, Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Laboratório de Geomorfologia.



CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1980-654X – está licenciada sob [Licença Creative Commons](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)

Recebido: 08-09-2010

Aceito: 21-01-2011