CARTAS MORFOMÉTRICAS COMO SUBSÍDIO PARA A ANÁLISE AMBIENTAL – EXEMPLO DE APLICAÇÃO EM ÁREAS COSTEIRAS

Simone Emiko Sato[1]
Iandara Alves Mendes[2]

Resumo

Os estudos geomorfológicos têm muito a contribuir no que concerne o estudo da dinâmica ambiental, propiciando subsídios para a atuação antrópica de forma mais racional e integrada. Dentre estas contribuições, as cartas morfométricas possibilitam uma análise quantitativa das características do relevo, através de sua geometria, proporcionando o entendimento da estrutura morfológica do sistema relevo e a identificação de áreas de risco à apropriação antrópica.

As áreas costeiras do estado de São Paulo – Brasil, representadas por escarpas e planície quaternária, dada suas características morfológicas e hidrológicas, caracterizam-se por um equilíbrio dinâmico entre a sedimentação e a erosão, apresentando-se altamente susceptíveis às alterações no meio ambiente, principalmente às ações antrópicas.

As áreas de escarpa, associadas à Serra do Mar, devido às elevadas declividades ali apresentadas, à precipitação pluvial anual chegando a apresentar valores superiores a 3000mm, ao irregular capeamento dos solos nas vertentes e à densa cobertura vegetal, entre outras características, apresentam-se potencialmente sujeitas à movimentos de massa. Na planície quaternária, a instabilidade da área associa-se aos sedimentos inconsolidados e aos lamosos, característicos dessa faixa costeira do Estado, e à dinâmica interativa entre o continente e o oceano.

Neste contexto a apropriação indevida de tais áreas acarreta em situações muitas vezes catastróficas, evidenciando assim a importância dos estudos ambientais, subsidiados pela cartografia do relevo.

Palavras-chave: cartas morfométricas, áreas costeiras, análise ambiental.

Introdução

[1] simone_emiko@yahoo.com.br Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE
Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento / Laboratório de Geomorfologia.
[2] Profa. Dra. - planreg@rc.unesp.br

Desde os primórdios a representação do espaço objetivou o registro gráfico da relação entre a humanidade e seu entorno, podendo ser considerada como um dos meios de comunicação mais antigos registrados.

No decorrer da história da humanidade a relação entre as civilizações e seu entorno, representada pelo dicotomia entre a sociedade e a Natureza, delineou a configuração do espaço geográfico, aqui considerado como a base física para a concretização de todos os processos, sejam de ordem antrópica ou natural. Deste modo, o aumento gradual da importância do conhecimento e controle do espaço geográfico, impulsionaram o desenvolvimento da Cartografia e da Ciência Geográfica como um todo.

Considerando-se a co-existência de dois distintos tempos neste espaço, o tempo da sociedade e o tempo do ambiente / Natureza, estabeleceu-se uma relação paradoxal entre as mesmas, resultando numa conflituosa e incessante luta de forças, tendo como conseqüência para o homem, na maioria dos casos, efeitos por vezes catastróficos, como resposta às tentativas de imposição de uma suposta superioridade.

Assim as preocupações sociais com o ambiente, dado os desequilíbrios eminentes, proporcionaram o interesse e o desenvolvimento dos estudos ambientais, tornando-os fundamentais para o planejamento das ações, visando uma maior integração com o ambiente.

No âmbito da Geomorfologia, estudo nesta área tem muito a contribuir no conhecimento da dinâmica ambiental, propiciando subsídios para a atuação antrópica neste meio, de forma mais racional e integrada. Dentre estas contribuições a cartografia geomorfológica representada pelas cartas morfométricas possibilitam uma análise quantitativa dos atributos do relevo, proporcionando o entendimento da estrutura morfológica do sistema relevo e a identificação de áreas de risco à apropriação antrópica, uma vez que permitem a localização de setores mais susceptíveis a ação da força de cisalhamento.

Dentre as cartas morfométricas, destacam-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 carta clinográfica ou de declividade possibilita quantificar a inclinação do terreno. De acordo com De Biase (1970) a carta de declividade é o documento básico para o Planejamento Ambiental.

> “A carta clinográfica tem sido utilizada de maneira quase que obrigatória nessas duas últimas décadas, em trabalhos ligados às Ciências da Terra, Planejamento Regional e Agrário, juntamente com

> outras representações gráficas de variáveis tais como: orientação de vertentes, insolação direta, direção e velocidade de ventos, ente outras, permitindo assim com suas correlações uma melhor compreensão e um equacionamento dos problemas que ocorrem no espaço analisado.” (DE BIASE,1992, p. 45)

Segundo CUNHA (2001, p.42) os dados sobre a declividade “são imprescindíveis para a avaliação das possibilidades de ocorrência de processos de remobilização das formações superficiais ou de corpos rochosos, tais como escorregamentos, erosão, desmoronamentos, creeping, entre outros”.

Estudos sobre a declividade possibilitam também avaliar a velocidade de remobilização das formações superficiais, quanto integrados a dados referentes à extensão das vertentes e ao gradiente altimétrico de uma dada localidade.

A carta de dissecação horizontal possibilita quantificar a distância que separa os talvegues das linhas de cumeada, proporcionando avaliar o trabalho de dissecação elaborado pelos rios sobre a superfície terrestre, auxiliando “na avaliação da fragilidade do terreno à atuação dos processos morfogenéticos, indicando setores onde interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes”.(op.cit., p.47).

A carta de dissecação vertical possibilita quantificar, nos setores de cada sub-bacia hidrográfica, a altitude relativa entre a linha de cumeada e o talvegue, classificando as áreas segundo o desnível em relação ao canal fluvial. Esta carta torna possível “analisar o grau de entalhamento no interior da área estudada”.(op.cit., p.50).

A carta de energia do relevo refere-se a uma síntese das cartas de declividade, de dissecação horizontal e de dissecação vertical, possibilitando avaliar qualitativamente os dados. Deste modo, “dados quantitativos da geometria do relevo, mapeados nas três cartas anteriormente citadas, são reunidos em classes organizadas de acordo com parâmetros que dependem do interesse particular de seu usuário e das características da área”.(op.cit., p.52).

Localização da área de estudo

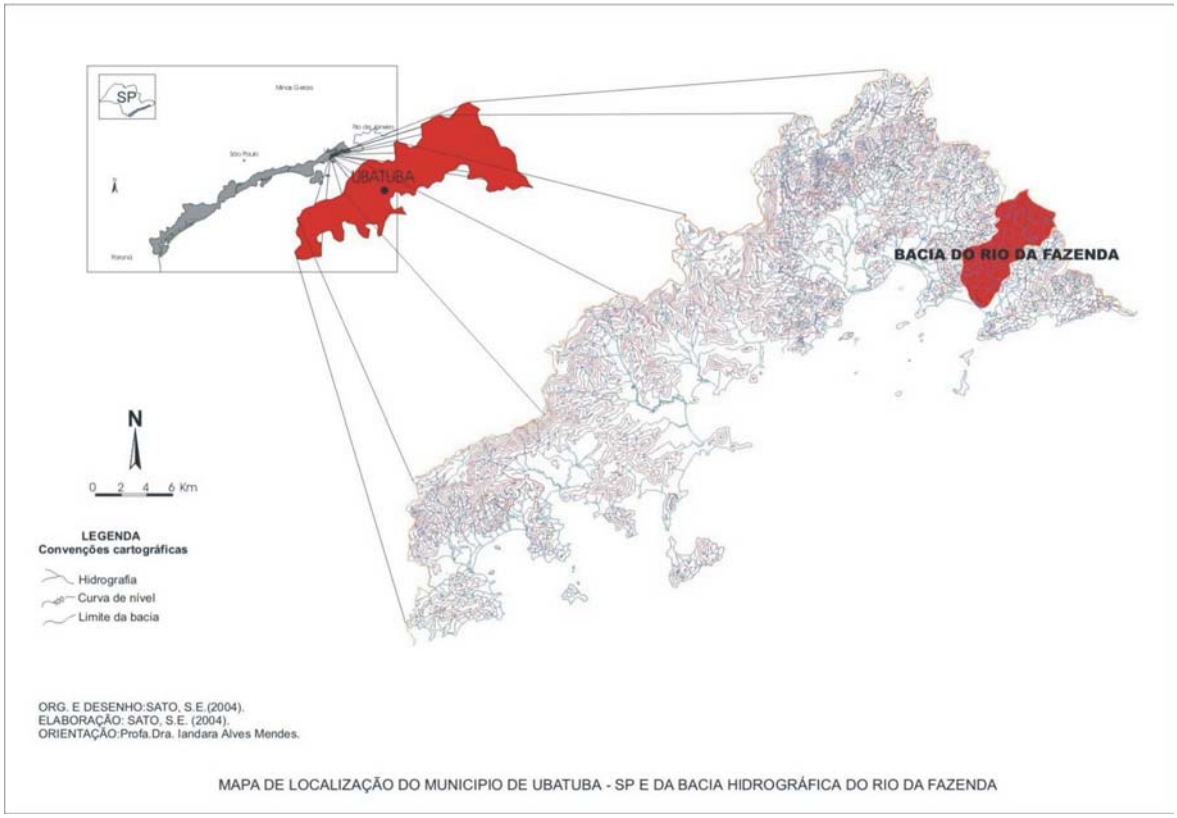
De acordo com Plano de Gerenciamento Costeiro (São Paulo, 1996), o Litoral Norte do estado de São Paulo, compreende uma faixa litorânea de 161 km, englobando 164 praias e 17 ilhas, que se estende do canal de Bertioga até o município de Ubatuba, na divisa com o estado do Rio de Janeiro.

O município de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo (mapa 1), localiza-se entre 23°26’ S, e 45°05’ W, limita-se a sul, sudeste e a leste com o Oceano Atlântico, a norte

com o município de Paraty (RJ), a sudoeste com o de Caraguatatuba (SP) e a oeste com os municípios de Natividade da Serra (SP), de São Luís do Paraitinga (SP), e Cunha (SP).

O município devido suas características abióticas – geológicas, geomorfológicas, onde destacam-se as declividades acentuadas, pedológicas e pluviométricas; e bióticas - cobertura vegetal arbórea – inter-relacionadas e associadas promovem a dinamização de processos erosivos identificados como movimentação de massa.

Segundo MUEHE (1998, p.322) “a proximidade de relevo favorece as precipitações orográficas, tornando o clima superúmido, provocando intenso escoamento superficial, aumento repentino das descargas fluviais, movimentos de massa e escorregamentos nas encostas íngremes com conseqüências ocasionalmente catastróficas”.



Mapa 1

Caracterização da área de estudo

O relevo do estado de São Paulo encontra-se subdividido em grandes unidades fisionômicas, correspondentes a divisões relacionadas às características geomorfológicas e geológicas, sendo estas subdivididas em zonas, referentes às feições locais do relevo. Neste trabalho, a bacia hidrográfica selecionada para o estudo refere-se a bacia do rio da Fazenda, a nordeste do município de Ubatuba (SP). Esta área, segundo a divisão geomorfológica adotada pelo IPT (1981), baseada os estudos de Almeida (1964), insere-se

na Província Costeira, a área do Estado que é drenada diretamente para o mar, correspondente ao rebordo do Planalto Atlântico.

De acordo com a divisão geomorfológica proposta por Ross & Moroz (1997), a área costeira do estado de São Paulo insere-se na Unidade Morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico.

> "Neste vasto planalto, pode-se identificar variações fisionômicas regionais, que possibilitam delimitar unidades geomorfológicas distintas, face às suas características geotectônicas, litológicas e estruturais, postas em evidência pelas atividades dos diversos ciclos erosivos pré e pós-cretáceos". (ROSS & MOROZ,1997,p.31).

Neste contexto, o município de Ubatuba (SP) insere-se na unidade de relevo regional definida como Planalto de Paraitinga/Paraíbuna.

A província costeira subdivide-se em duas zonas a Serrania Costeira, incorporando a subzona Serra do Mar; e as Baixadas Litorâneas constituídas por sedimentos detríticos predominantemente quaternários. Dada as características topomorfológicas, a área litorânea do estado apresenta-se susceptível às modificações impostas ao meio ambiente, principalmente àquelas vinculadas às ações antrópicas. Constata-se em todo o mundo que as áreas costeiras são as que se encontram mais submetidas a pressões associadas ao rápido crescimento populacional.

As regiões de escarpa, devido às elevadas declividades apresentadas pela Serra do Mar, à precipitação pluvial anual superior a 3000mm, ao irregular capeamento dos solos nas encostas, à densa cobertura vegetal, entre outras características, apresenta-se potencialmente sujeita à movimentos de massa.

Estudos realizados pelo IPT (1977) em dois trechos da pista ascendente da Rodovia dos Imigrantes, na área das vertentes da Serra do Mar, situando-se à margem esquerda do rio Cubatão, demonstraram que a área, tanto no passado quanto no presente, sediam movimentos coletivos de solo e rocha.

> "Os escorregamentos resultam, basicamente, da mobilização do manto vegetal e solo coluvial, e, apenas secundariamente, dos horizontes subjacentes (solo de alteração, zonas de blocos, maciço rochoso). Trata-se, assim, de escorregamentos superficiais, com espessura da ordem de 1 a 2 metros, no máximo e que envolvem áreas de poucos metros quadrados a alguns milhares de quilômetros quadrados." (IPT, 1977, p.8).

Na planície quaternária, a instabilidade da área associa-se aos sedimentos inconsolidados formadores dessa faixa costeira do Estado, e à dinâmica interativa entre o continente e o oceano.

> "As áreas costeiras representam, na realidade, uma zona de intercâmbio de energia e de matéria, por processos naturais e antrópicos, entre o continente e os oceanos. Essa troca ocorre pela interação de vários fenômenos naturais, que são muito susceptíveis às mudanças. Portanto, as áreas costeiras comumente se caracterizam também por situações de equilíbrio dinâmico, por exemplo, entre as taxas de deposição (ou sedimentação) e de erosão, dando origem a costas em avanço (progradação) ou em recuo (retrogradação), respectivamente." (SUGUIO, 2001, p.335).

Segundo Suguio (2001) as áreas costeiras de todo o mundo encontram-se pressionadas pelo rápido crescimento populacional. "Atualmente, cerca de 2/3 da população mundial vivem ao longo da costa e, no Brasil, cinco das nove áreas metropolitanas mais populosas situam-se nessas áreas."(SOUZA & SUGUIO, 1996 apud SUGUIO, 2001, p.334).

> "Muitos conflitos, gerados em conseqüência da ocupação desordenada das áreas costeiras, poderiam ser minimizados ou até mesmo completamente eliminados, se os fatores geológicos e/ou geomorfológicos que controlam ou afetam aquelas áreas fossem melhor conhecidos." (SUGUIO, 2001, p.335).

Objetivos

O presente trabalho teve por objetivo a caracterização do relevo, através da utilização de cartas morfométricas em área costeira, tendo como material a Base Cartográfica do município, a Carta Clinográfica, a de Dissecação Vertical, a de Dissecação Horizontal e a de Energia do Relevo.

Materiais e Métodos

A Base Cartográfica foi organizada a partir da Folhas Topográficas: Caraguatatuba SF-23-X-D-VI-I (1974); Cunha SF-23-Z-C-I-1 (1974); Ilha Anchieta SF-23-X-D-VI-2 (1974); Juatinga SF-23-Z-C-I-4 (1975); Natividade da Serra SF-23-Y-D-II-3 (1974); Picinguba SF-23-Z-C-I-3 (1974); e Ubatuba SF-23-Y-D-III-4 (1973), publicadas pelo IBGE na escala 1:50.000.

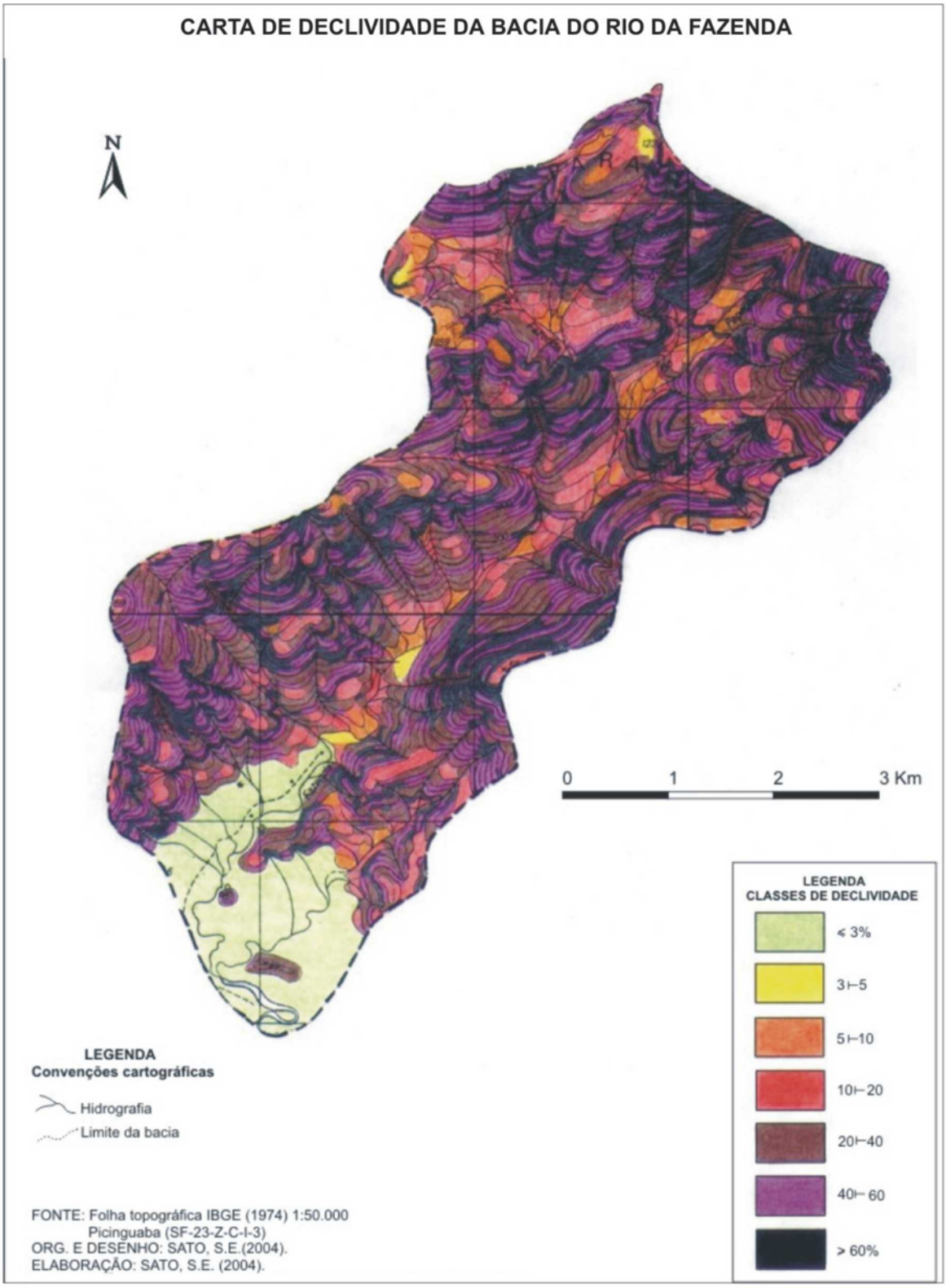
Através da análise da Base Cartográfica do município de Ubatuba foi possível identificar três compartimentos geomorfológicos, diferenciados pelas características

morfográficas, morfométricas e pela densidade de drenagem. Os referidos compartimentos foram identificados como Compartimento Nordeste, Compartimento Central e Compartimento Nordeste. A partir dessa análise preliminar do território do município enfocado e considerando-se a bacia hidrográfica como a unidade básica para os estudos ambientais, selecionou-se uma bacia hidrográfica de cada um dos compartimentos geomorfológicos para ser cenário de mapeamento morfométrico. No presente trabalho, serão enfocadas as características da Bacia do rio da Fazenda, posicionada no Compartimento geomorfológico Nordeste do município.

Utilizando-se da carta topográfica do IBGE 1:50.000, Folha SF-23-Z-C-I-3, Picinguaba, delimitou-se a bacia do rio da Fazenda, sendo esta a base para a elaboração das cartas morfométricas.

A Carta Clinográfica ou de Declividade, foi elaborada segundo a proposta de De Biasi (1970) e Sanches (1993). (carta 1)

Segundo De Biasi (1970) estas cartas são consideradas documentos básicos para o planejamento regional, permitindo, através de representação cartográfica das porcentagens de declive, representar a melhor visualização das declividades das vertentes e o maior realce das áreas de declividades homogêneas.



Carta 1 – Carta de Declividade elaborada segundo a proposta de De Biasi (1970) e Sanches (1993).

Devido a escala da base cartográfica não proporcionar um nível adequado de detalhe, a drenagem foi enriquecida, partindo-se da análise prévia da carta topográfica e

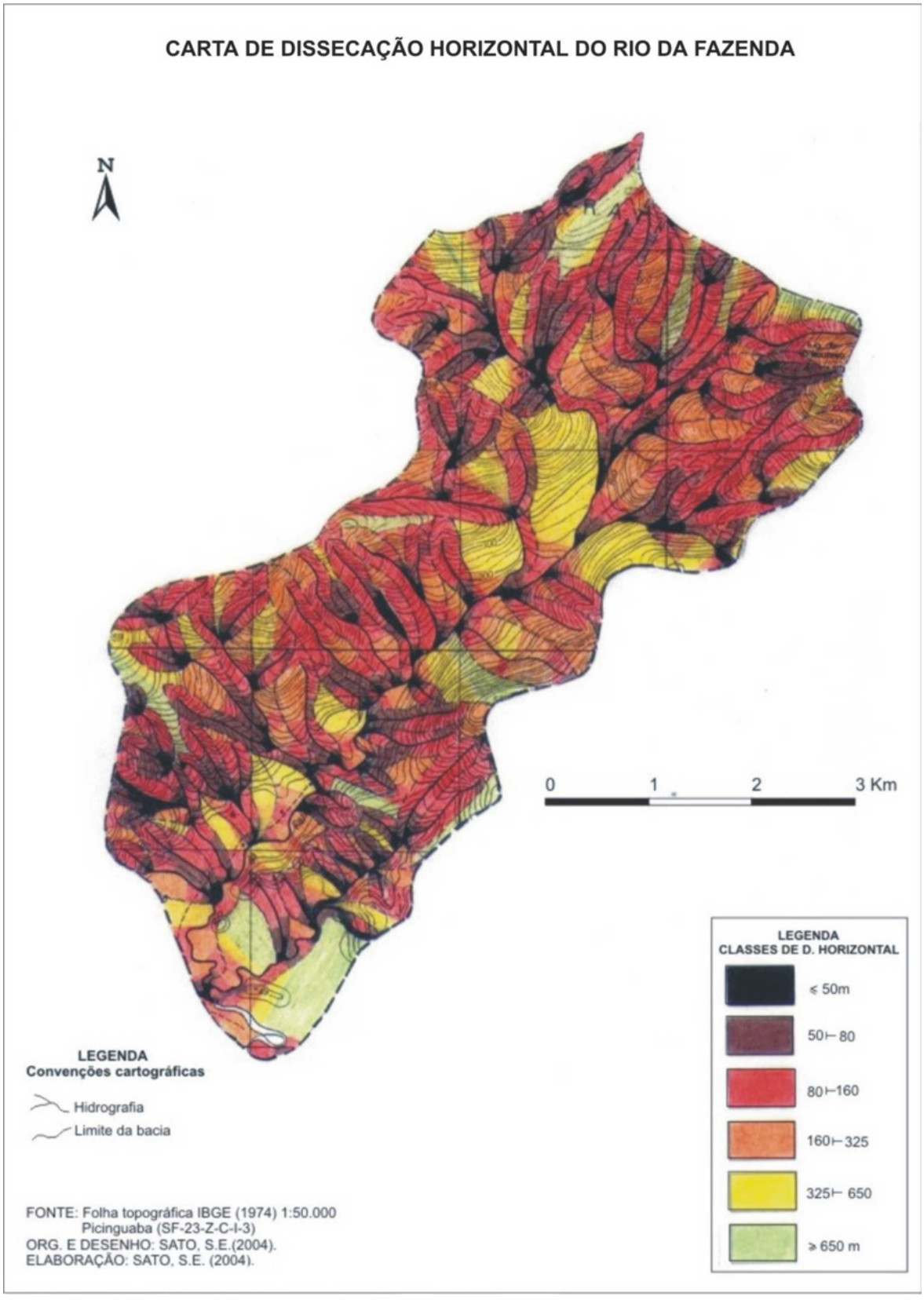
interpretação das crênulas das curvas de nível, visando proporcionar uma maior aproximação com os aspectos reais apresentados pela área.

Delimitou-se na referida bacia, todos os canais de drenagem, sendo estes considerados como micro-bacias. Esta delimitação serviu como base para a elaboração da Carta de Dissecação Horizontal e de Dissecação Vertical.

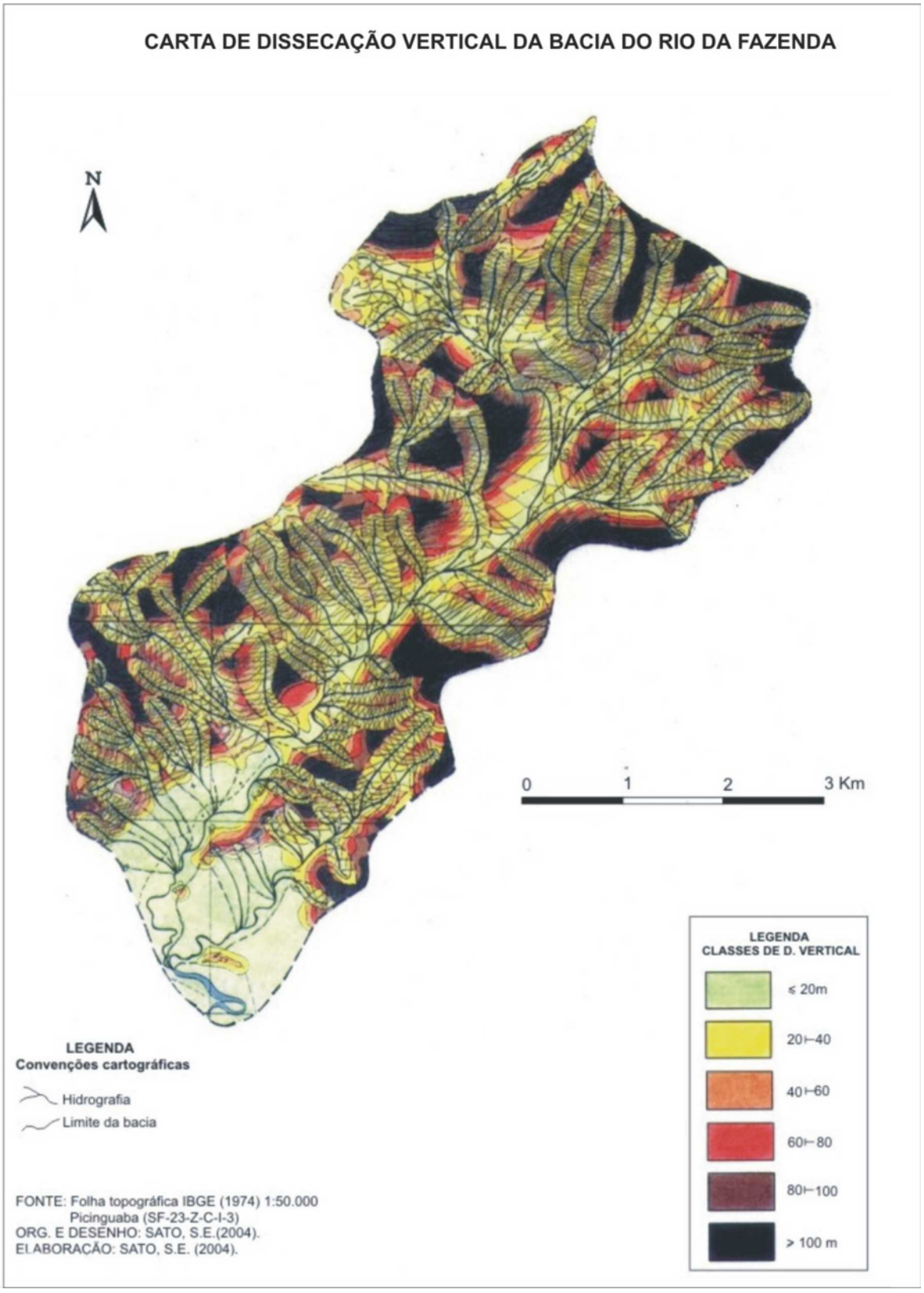
A Carta de Dissecação Horizontal foi elaborada a partir das adaptações efetuadas por Mauro et al. (1991), segundo a técnica desenvolvida por Spirodonov (1981). (carta2)

A partir da metodologia de Spirodonov (1981), elaborou-se a Carta de Dissecação Vertical. (carta 3)

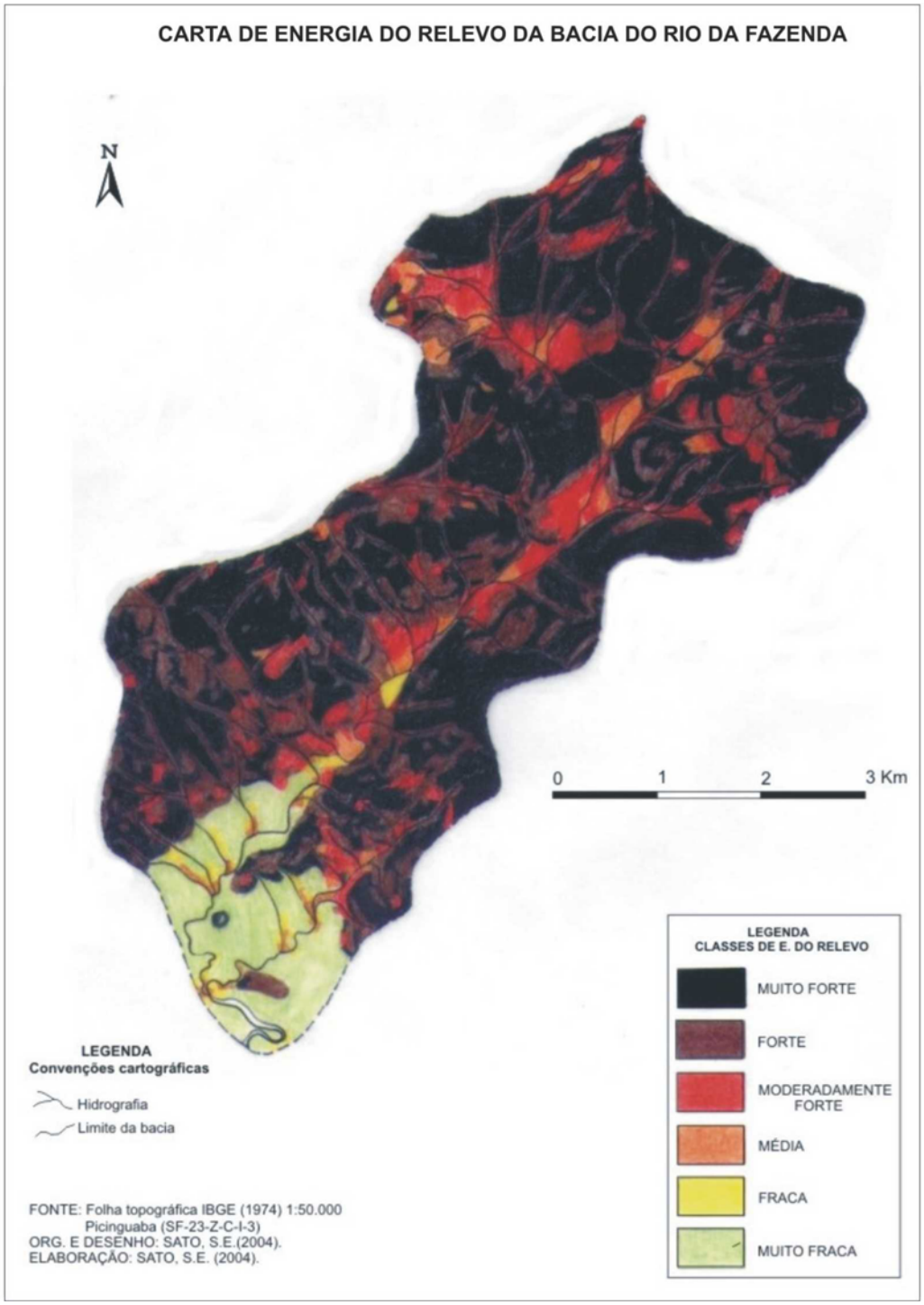
A Carta de Energia do Relevo, ou Carta Síntese foi elaborada segundo a proposta de Mendes (1993). (carta 4). Esta representa a união das cartas anteriormente citadas, possibilitando a identificação das áreas com maior acúmulo de energia. Inicialmente necessitou-se identificar para a área o fator preponderante, segundo os critérios pré-estabelecidos referentes às cartas de declividade, de dissecação horizontal e de dissecação vertical, visando ordená-los segundo a ordem de importância. O fator identificado relacionou-se à declividade, seguido da dissecação vertical e da dissecação horizontal. A partir dessa constatação, construiu-se uma tabela (tabela 1) visando a integração das classes das três cartas e elaboração de uma nova classe representando a síntese.Com o auxílio de um acetato, seguindo a ordem estabelecida, transferiu-se cada classe das respectivas cartas, de acordo com a tabela elaborada, para a carta de energia do relevo. Deste modo, “dados quantitativos da geometria do relevo, mapeados nas três cartas anteriormente citadas, são reunidos em classes organizadas de acordo com parâmetros que dependem do interesse particular de seu usuário e das características da área”.(CUNHA, 2001, p.52).



Carta 2 - Carta de Dissecação Horizontal elaborada a partir das adaptações efetuadas por Mauro et al. (1991), segundo a técnica desenvolvida por Spirodonov (1981).



Carta 3 - Carta de Dissecação Vertical elaborada a partir da metodologia de Spirodonov (1981).



Carta 4 - Carta de Energia do Relevo ou Carta Síntese elaborada segundo a proposta de Mendes (1993).

Classes da Carta de Energia do Relevo da Bacia do Rio da Fazenda, município de Ubatuba (SP)

Classes Morfométricas/ Classes de Energia do Relevo	Declividade (%)	Dissecação Vertical (m)	Dissecação Horizontal (m)
Muito Forte (preto)	>60 40-60	≤20 20-100 >100	≤50 50-650 >650
	≤2 2-40	>100	≤50 50-650 >650
Forte (marrom)	20-40	<20 20-100	≤50 50-650 >650
	≤2 2-20	80-100	≤50 50-650 >650
Moderadamente Forte (vermelho)	10-20	<20 20-80	<50 50-650 >650
	≤2 2-10	60-80	≤50 50-650 >650
	5-10	<20 20-40	≤50 50-650 >650
Média (laranja)	≤2 2-5	40-60	<50 50-650 >650
	<2 2-5	<20 20-60	<50
	2-5	<20 20-40	50-650 >650
Fraca (amarela)	<2 2-5	20-40	50-650 >650
	<2 2-5	<20 20-40	50-80
Muito Fraca (verde)	<2	<20	80-160

Tabela 1 – Classes de Energia do Relevo

Análise dos dados

A análise do mapeamento morfométrico da bacia em estudo, propiciou a identificação do fator preponderante para a área em questão, correspondendo às altas declividades, referentes às escarpas da Serra do Mar. Analisando-se a Carta Clinográfica da Bacia do rio da Fazenda, verificou-se que predominaram as declividades iguais ou superiores a 40%. Este fator, associado aos altos índices pluviométricos e à geologia da área, representada de maneira significativa por rochas graníticas de composição e texturas variadas, favorecem um forte escoamento superficial e a ocorrência de movimentos de massa (áreas que apresentam altas declividades, acima de 20%, são propícias a

escorregamentos e movimentação de colúvios e tálus nas encostas), bem como a instalação de uma densa rede de canais, fato este observado na Carta de Dissecação Horizontal. A extensão das vertentes da bacia selecionada é predominantemente de 80 metros. Analisando-se a Carta de Dissecação Vertical e relacionando-a com a Carta Clinográfica, verifica-se o predomínio do índice de dissecação de 20 a 40 metros, podendo-se inferir que os fluxos fluviais encontram dificuldade para entalhar se canal na área das escarpas. Este fato está diretamente associado às altas declividades e ao substrato rochoso, que propiciam um maior escoamento superficial em detrimento ao entalhe hidrográfico. Como síntese das cartas acima descritas, a Carta de Energia do Relevo evidencia um relevo com elevada energia, predominando o índice Muito Forte. Esta energia propicia a intensificação da velocidade do escoamento superficial e a suscetibilidade do terreno à movimentação de massa, resultando nas áreas referentes às escarpas da Serra do Mar, um relevo mais susceptível à ação erosiva, enquanto que na área da Planície Quaternária, a energia é muito menor, e conseqüentemente a erosão é muito fraca, ocorrendo localmente solapamento das margens dos rios, com pequenos escorregamentos de sedimentos. Pode-se inferir desse modo, que os atributos morfométricos são fundamentais na caracterização do relevo no município de Ubatuba. No setor da Serra as vertentes amplas, íngremes e com desníveis altimétricos, entre topo e fundo de vale, pouco expressivos, tornam a área suscetível à deslocamentos de materiais alterados e de blocos rochosos. Enquanto que na Planície Quaternária a fraca declividade aliada a proximidade do freático, tornam a área susceptível a encharcamento e a fácil poluição da água sub-superficial.

Considerações Finais

Os estudos ambientais são de suma importância para a sociedade, no que se refere às questões de planejamento urbano e planejamento ambiental, necessitando-se atentar para uma análise ambiental integrada, onde a morfometria, os agentes e os processos sejam inter-relacionados, neste caso, os parâmetros morfométricos, as condições bióticas e abióticas do município em questão e as ações antrópicas que interferem de maneira significativa na dinâmica do sistema.

A importância das cartas morfométricas para o estudo do relevo e da suscetibilidade da área aos agentes erosivos destacam-se neste contexto. A associação entre os parâmetros e as cartas morfométricas possibilitam o estudo integrado das características hidrográficas e da esculturação das formas de relevo, dada a interação entre ambas.

As cartas morfométricas fornecem como produtos cartográficos materiais com atributos quantitativos que auxiliam na análise das características do relevo. A carta de energia do relevo, resultado de uma complexa integração das cartas anteriormente citadas é um documento cartográfico fundamental para a análise ambiental, por possibilitar a

delimitação das características morfométricas associadas à energia potencial de cada setor, auxiliando na elaboração do zoneamento de áreas de acordo com seus atributos de suscetibilidade referentes a interferências na dinâmica ambiental. Deve-se destacar que esta carta com as informações morfométricas integradas associa-se sempre aos demais componentes, tanto do meio físico como do social, justificando deste modo, seu atributo de carta síntese.

A análise do meio físico, embora fundamental para o planejamento urbano e planejamento ambiental, revela-se como um complexo trabalho de integração. As pesquisas tornam-se desta maneira importantes alicerces para o aprimoramento e desenvolvimento de parâmetros, técnicas e teorias, contribuindo de modo significativo para a sociedade e para o meio físico, visando harmonizar a interferência que um exerce sobre o outro.

REFERÊNCIAS

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

CUNHA,C.M.L. ***A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental***. Tese de doutorado. Rio Claro: IGCE – UNESP, 2001.128f.

DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. ***Geomorfologia***. São Paulo, n.21, 1970. p. 8-13.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). ***Caracterização de um mecanismo de escorregamento nas encostas da Serra do Mar***. São Paulo: IPT. Publicação n. 1079, 1977. 23p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). ***Mapa Geomofológico do Estado de São Paulo.*** São Paulo: IPT, 1981. v. 1. 94p.

MAURO, C.A. et all. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP – BR. In: ***Encuentro de Geógrafos de América Latina***, 3,1991. Toluca. Memórias... Toluca: UAEM, v.4, 1991. p.391-419.

MENDES, I.A. ***A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP***. Tese de doutorado. São Paulo: FFLCH – USP, 1993. 171f.

MUEHE, D. **O litoral brasileiro e sua compartimentação.** In: CUNHA. S.B. & GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. ***Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.*** São Paulo:FFLCH-USP/IPT/FAPESP,1997. 64p.

SÃO PAULO (ESTADO) Secretaria do Meio Ambiente (SMA). ***Macrozoneamento do Litoral Norte. Plano de gerenciamento costeiro***. São Paulo: SMA, 1996. 202p.

SANCHES, M.C. A propósito das cartas de declividade. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 5,1993. São Paulo. **Anais...**São Paulo:FFLCH, 1993. p. 311-314.

SPIRODONOV, A.I. ***Principios de la metodologia e las invetigaciones de campo y el mapeo geomorfologico.*** Tradução: Isabel Alverez & C.D. Roberto del Busto. La Habana: Universidade de la Habana, Faculdad de Geografia, 1981. 3 v. 658p.

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