



Número: 109/2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

PEDRO HENRIQUE DE MELO BACCI

***ZONEAMENTO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SANTOS
COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO
FÍSICO-TERRITORIAL***

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Geografia, Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Orientador: Prof.^a Dr.^a Regina Célia de Oliveira

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto/2009

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca do
Instituto de Geociências/UNICAMP**

B12g Bacci, Pedro Henrique de Melo.
Zoneamento ambiental do município de Santos como subsídio ao planejamento físico-territorial / Pedro Henrique de Melo Bacci--Campinas,SP.: [s.n.], 2009.

Orientador: Regina Célia de Oliveira.

Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Política ambiental. 2. Zoneamento – Santos (SP). 3. Mapeamento geomorfológico – Santos (SP). 4. Terra – Uso. I. Oliveira, Regina Célia de. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em ingles Environmental Zoning of the Town of Santos as Subsidy to the Physical-Territorial Planing.

Keywords: - Environmental policy;
- Zoning – Santos (SP);
- Geomorphological mapping – Santos (SP);
- Land - terra.

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestre em geografia.

Banca examinadora: - Regina Célia de Oliveira;
- Cenira Maria Lupinacci da Cunha;
- Francisco Sérgio Bernardes Ladeira.

Data da defesa: 28/08/2009

Programa de Pós-graduação em Geografia.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

03
R33.6

AUTOR: Pedro Henrique Melo Bacci

"Zoneamento Ambiental no Município de Santos como Subsídio ao Planejamento Físico-Territorial"

ORIENTADORA: Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira

Aprovada em: 15/08/2009

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira [Signature] - Presidente

Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira [Signature]

Profa. Dra. Genira Maria Lupinacci Cunha [Signature]

Campinas, 28 de agosto de 2009.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

Título da Dissertação: Zoneamento Ambiental do Município de Santos como Subsídio ao Planejamento Físico-Territorial

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Pedro Henrique de Melo Bacci

As regiões litorâneas no cenário nacional, caracteriza-se pela dinâmica dos processos naturais associados a conformação do relevo que podem vir à representar zonas de risco à ocorrência de eventos tais como movimento de massa ou enchentes. O intenso processo de ocupação humana assistida nessas áreas vem fragilizar em muito a organização de todo o sistema natural que rege esses espaços resultando em quadros catastróficos. O município de Santos estrutura-se sobre um relevo complexo, ora associado a zonas de serra que apresentam declividades até 45°, ora à zonas de planícies áreas de alagamento e deposição de sedimentos. Dessa forma, o município caracteriza-se por apresentar feições geomorfológicas distintas e processos erosivos diversificados, além de apresentar uma intensa urbanização com grandes ações antrópicas sobre o meio natural. Em virtude da grande fragilidade ambiental em que se consolida o cenário do município de Santos, este trabalho, utilizando a metodologia proposta por Ross (1990), busca elaborar um zoneamento ambiental, partindo da identificação e mapeamento das feições geomorfológicas, dos processos e morfologia observadas na área de estudo. O produto final desse trabalho, a Carta de Unidades de Fragilidade Potencial do município de Santos, poderá auxiliar na discussão de planejamento territorial do uso do solo que leve em consideração a conformação e dinâmica da paisagem como prerrogativa no estabelecimento de normas de uso e ocupação. Além disso, poderá servir para auxiliar no planejamento ambiental, visto que essa área apresenta um meio natural extremamente frágil com longa data de ação antrópica.

Palavras-Chaves: Zoneamento Ambiental; Fragilidade Ambiental; Mapeamento Geomorfológico; Uso e Ocupação da Terra.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

Título da Dissertação: Zoneamento Ambiental do Município de Santos como Subsídio ao Planejamento Físico-Territorial

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Pedro Henrique de Melo Bacci

The coastal regions in the national setting, characterizes-itself by the dynamic one of the natural trials associated the resignation of the prominence that can come to the represent zones of risk to the occurrence of events such as movement of batter or floods. The intense trial of human occupation watched in those areas is going to make vulnerable in a lot the organization completely the natural system that governs those spaces resulting in catastrophic charts. The town of Santos structure itself about a complex prominence, now associated the zones of mountain range that present declivities until 45°, now to the flooding areas plains zones and deposition of sediments. Of that form, the town characterizes-itself by present features geomorphologic distinct and erosive trials diversified, beyond present an intense development with big actions anthropic about the natural environment. Because of the big environmental fragility in that is consolidated the setting of the town of Santos, this work, utilizing the methodology proposal by Ross (1990), search elaborate an environmental zoning, starting from the identification and mapping of the features geomorphologies, of the trials and morphology observed in the study's area. That work's final product, the Potential Fragility Units Letter of the town of Santos, will be able to help in the argument of territorial planning of the use of soil that light in consideration the resignation and dynamics of the landscape as prerogative in the use norms establishment and occupation. Beyond that, will be able to serve for help in the seen, environmental planning that this area presents an extremely fragile natural environment with long date of action anthropic.

Keywords: Environmental zoning; Environmental Fragility; Mapping Geomorphologic; Use and Occupation of the Land.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Ronaldo e Suely, a minha irmã Paula e a
minha namorada Sara.

Agradecimentos

Gostaria de aproveitar esse espaço no trabalho para agradecer as pessoas que me ajudaram e me apoiaram durante o mestrado. Primeiramente agradeço a Deus. Também aos meus pais, Ronaldo e Suely pelo apoio e incentivo que me deram durante essa etapa da minha vida, sabendo entender as minhas dificuldades e me aconselhar. Lembro também da minha irmã Paula e minha namorada Sara que sempre estiveram do meu lado me apoiando.

Agradeço também a minha orientadora Regina pela oportunidade dada a mim e por toda a determinação e empenho em me orientar, e também a banca examinadora, professor Francisco e Cenira. Aos meus colegas: Marcelo (Nhot), Renê e Raul que me ajudaram no decorrer do mestrado.

Índice

| | |
|--|-----|
| 1 – Introdução | 1 |
| 2 – Objetivos | 3 |
| 3 – Revisão Bibliográfica | 5 |
| 3.1 – Teoria Geral dos Sistemas | 5 |
| 3.1.1 – Análise Sistêmica em Geomorfologia | 6 |
| 3.1.2 – Classificação dos Sistemas em Geomorfologia..... | 11 |
| 3.2 – Zoneamento Ambiental – uma Abordagem Sistêmica | 15 |
| 3.2.1 – Evolução das Discussões Ambientais e o Planejamento | 15 |
| 3.2.2 – A Paisagem como Unidade de Análise no Zoneamento Ambiental..... | 17 |
| 3.3 – A Dinâmica Costeira | 37 |
| 3.3.1 – Processos e Configuração de Formas | 37 |
| 3.4 – Mapeamento Geomorfológico..... | 41 |
| 4 – Caracterização Geral da Área | 53 |
| 4.1 – Localização e Breve Histórico da Área de Estudo | 53 |
| 4.2 – Aspéctos Fisiográficos | 57 |
| 5 – Materiais e Métodos | 65 |
| 6 – Resultados e discussões | 77 |
| 6.1 – Caracterização Física do Município de Santos | 77 |
| 6.2 – Unidades de Fragilidade Potencial do município de Santos | 109 |
| 7 – Considerações Finais..... | 119 |
| 8 – Referências Bibliográficas | 123 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Esquema de realimentação | 8 |
| Figura 2 – Relação entre input e outputs | 13 |
| Figura 3 – Simbologia de diagrama e fluxograma | 14 |
| Figura 4 – Primeiro nível de identificação de mapeamento | 46 |
| Figura 5 – Segundo nível de identificação de mapeamento | 47 |
| Figura 6 - Primeiro nível de identificação de mapeamento em função das formas resultantes..... | 48 |
| Figura 7 – Figura de localização | 53 |
| Figura 8 – Evolução da mancha urbana..... | 56 |
| Figura 9 – Delimitação dos índices de declividade | 69 |
| Figura 10 – Distância entre o divisor de água e o ponto de intersecção | 71 |
| Figura 11 – Distância entre o canal fluvial e linha cumeada | 72 |
| Figura 12 – Carta de Compartimentação do Relevo do Município de Santos | 79 |
| Figura 13 – Carta Geomorfológica do Município de Santos | 83 |
| Figura 14 – Carta de Hierarquia de Drenagem do Município de Santos | 85 |
| Figura 15 – Carta de Dissecação Vertical do Município de Santos | 87 |
| Figura 16 – Carta Hipsométrica do Município de Santos | 91 |
| Figura 17 – Carta de Dissecação Horizontal do Município de Santos | 93 |
| Figura 18 – Carta Clinográfica do Município de Santos | 97 |
| Figura 19 – Carta de Cobertura Vegetal do Município de Santos | 99 |
| Figura 20 – Carta Geológica do Município de Santos | 103 |
| Figura 21 – Carta Pedológica do Município de Santos | 107 |
| Figura 22 – Carta de Unidades de Fragilidade do Município de Santos | 111 |
| Figura 23 – Carta de Instabilidade do Município de Santos | 113 |
| Figura 24 – Relação distância e altura de rampa | 117 |

Índice de Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Classes de declividade | 34 |
| Quadro 2 – Tipos de Solos | 35 |
| Quadro 3 – Tipo de Cobertura Vegetal | 35 |
| Quadro 4 – Distância interfluvial média | 36 |
| Quadro 5 – Índices de dissecação horizontal | 36 |
| Quadro 6 - Índices de dissecação vertical | 36 |
| Quadro 7 – Matriz de dissecação do relevo | 73 |
| Quadro 8 – Classes de fragilidade do relevo | 75 |
| Quadro 9 – Classes do índices de instabilidades | 76 |

1 - INTRODUÇÃO

As regiões litorâneas constituem áreas de grande fragilidade e vulnerabilidade devido aos processos naturais predominantes, sendo, portanto, áreas muito instáveis naturalmente.

A ação antrópica nas regiões costeiras ocorre de forma constante ao longo da existência do homem. Desde as primeiras civilizações, a proximidade com os mares atrai as populações devido á disponibilidade dos recursos continentais e marinho, além de proporcionar trocas comerciais com outros povos. Dessa forma, essas áreas foram sempre transformadas para o uso antrópico apresentando diversos limites para ocupação.

As regiões litorâneas, por estarem em contato direto com as ações do oceano e do continente, apresentam extrema complexidade dos processos naturais em virtude da quantidade de fatores que atuam na conformação do relevo. Apresentando-se como áreas de extrema fragilidade em virtude da intensa dinâmica de funcionamento dos processos naturais, intensificando á medida que as ações antrópicas intervêm no espaço. No caso de Santos, a proximidade de um grande centro econômico como São Paulo e a existência do maior porto do país, estabeleceu uma dinâmica de ocupação rápida e intensa, apresentando-se atualmente como uma cidade de grandes proporções com mais de 400 mil habitantes, gerando graves problemas tanto para o meio ambiente quanto para a população, pois apresenta uma ocupação desordenada e sem planejamento ao longo do tempo.

Dessa forma, faz-se necessário a realização de estudos específicos dessas áreas com o intuito de minimizar os impactos ambientais, uma vez que a ocupação acaba sendo iminente em virtude da localização estratégica que essas áreas apresentam, sendo portanto, indispensável à organização de estudos detalhados.

Contudo, os estudos das regiões litorâneas seguiram lentamente até o advento da Segunda Guerra Mundial, que devido á necessidade do desenvolvimento de técnicas de embarque e desembarque de tropas nas áreas de costa aceleraram os estudos, sendo posteriormente incorporados por pesquisadores universitários e instituições públicas.

No estágio atual das pesquisas aplicadas nas zonas costeiras, salienta-se o número significativo de pesquisadores dedicados a investigação desta área, o que representa um fator relevante para o desenvolvimento das ciências ambientais. Tais estudos vêm adquirindo importância crescente no planejamento urbano e regional,

particularmente em áreas onde ocorre a intervenção antrópica provocando a destruição dos ecossistemas ou comprometendo seu equilíbrio. Nesse contexto, atenta-se para a necessidade e importância de estudos que considerem aspectos quanto à natureza e à dinâmica dos processos morfogenéticos nas zonas costeiras.

A crescente ocupação das áreas costeiras e a sua utilização econômica com impactos, provocando alterações levando a degradação da paisagem e dos ecossistemas, podendo chegar à própria inviabilização das atividades econômicas, vêm alertando a sociedade a convicção da necessidade de, através da pesquisa científica e de ações de gerenciamento, monitoramento e educação ambiental, encontrar uma situação de equilíbrio entre uso e preservação do meio ambiente.

Nesse sentido, é necessário a organização de trabalhos específicos que auxiliem no planejamento territorial das regiões litorâneas, como é o caso do mapeamento físico-territorial, seja na análise ou discussão de atributos morfométrico, morfológico, sedimentológico, podendo vir a representar a dinâmica dos processos de formação do relevo dessas áreas, auxiliando assim o zoneamento ambiental e planejamento territorial.

Os estudos de Zoneamento Ambiental têm ao longo dos últimos anos, revelado um importante instrumento disciplinador na tomada de decisões, ao considerar a complexidade das relações físico-ambientais que encerram as atividades humanas. Sendo assim, o zoneamento passa a atender as necessidades de ordenamento territorial considerando os diversos níveis de fragilidades ambientais.

Assim, nas áreas submetidas a fortes pressões quanto ao uso, dependendo da intensidade da racionalidade das ações antrópicas e das características fisiográficas, agravam-se problemas como, enchentes, erosões, diversos níveis de poluição e instabilidade contínua, decorrente da alteração da linha de costa.

O município de Santos localiza-se no litoral do estado de São Paulo, mais precisamente no divisor entre o litoral norte e sul. Santos apresenta uma importante atividade portuária, apresentando uma população de 418.316 habitantes distribuídos por 280,3 Km², sendo 39,4 Km² de ilhas e o restante continental.

2 – OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste na execução de um estudo de Zoneamento Físico - Ambiental para o município de Santos, tendo como metodologia norteadora aquela proposta por Ross (1990).

Como objetivos específicos, consiste a elaboração da caracterização física da área de estudo na escala 1:50.000 através da confecção e análise das cartas clinográfica, hipsométrica, dissecações vertical e horizontal, hierarquia de drenagem, topomorfológica, compartimentação de relevo, vegetação, pedologia e geologia, visando a compreensão da dinâmica da paisagem do município. Elaboração do histórico de uso e ocupação do município de Santos.

Produção do material síntese a partir da obtenção dos índices de fragilidade e estabilidade referentes á área de estudo visando a análise prática do método proposto em áreas litorâneas.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Teoria Geral dos sistemas em Geomorfologia

A idéia de sistemas foi proposta pelo biólogo Von Bertalanffy em 1937 em um seminário de filosofia em Chicago, no qual discutiu uma primeira tentativa de sistematização filosófica do conceito de sistemas. Entretanto, o meio acadêmico, por sua vez, não demonstrava ainda estar receptivo para tais idéias, visto que a especialização da ciência encontrava-se em pleno desenvolvimento.

Segundo Vicente e Perez Filho (2003) as idéias de Von Bertalanffy alcançam maior repercussão após a Segunda Guerra Mundial, através de sua obra “Teoria Geral dos Sistemas” que buscava uma linguagem científica única que englobasse todos os campos do conhecimento, permeando a Biologia, a Engenharia, a Física, a Matemática, a Psicologia, as Ciências Sociais, as Ciências da Terra e outras, através da definição e análise de componentes e estruturas funcionais inerentes a todos os campos da realidade, os quais colocam-se como suporte para sua compreensão, os sistemas.

Uma das definições de sistemas foi proposta por Hall e Fagem (1956; *apud* Christofolletti 1979a,) no qual o sistema consiste num conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos. Para Bertalanffy (1973 *apud* Vicente e Perez Filho 2003) sistemas passam a ser definidos como um conjunto de elementos em interação, no entanto o próprio autor admite que, à primeira vista, tal definição pode parecer ampla e vaga. Posteriormente, Thornes e Brunsden (1977, *apud* Christofolletti 1979a) atribuem uma definição mais específica para a definição dos sistemas, sendo um conjunto de objetos ou atributos e das suas relações que se encontram organizados para executar uma função particular. Dentro da visão dos autores (*op. cit.*) o sistema tem a função de operador, onde em determinado tempo, recebe o *input* (entrada de matéria e energia no sistema) e transformando-o em *output* (saída de matéria e energia do sistema). E, além do input e output, o sistema, de acordo com essas definições, deve possuir elementos, relações e atributos. Os elementos representam as partes do sistema, as relações são entendidas como as interações e dependências dos elementos entre si e o atributo são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao próprio sistema a fim de caracterizá-los.

Para Mattos e Perez (2004, p 12) o sistema passa a ser definido como:

Um sistema pode ser definido como um todo organizado composto de elementos que se inter-relacionam. A idéia de sistema só ganha sentido se forem considerados conjuntamente esses três conceitos: todo, partes e inter-relação. A simples interação não forma um sistema se não forem capazes de criar algo que funcione como um todo integrado. Por outro lado, não é possível compreender totalmente esse todo se não entendermos quais são suas partes e como elas se relacionam.

Dentre os estudos da Geografia Física, a Teoria Geral dos Sistemas vem sendo utilizada como apoio teórico para as discussões do meio físico devido a visão sistemática da paisagem, proporcionando um estudo da totalidade através da compreensão das relações das suas partes, além de proporcionar uma integração das diversas disciplinas da Geografia Física.

A obra de Chorley e Kennedy (1971) é uma grande contribuição a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas. Esses autores salientam a complexidade do mundo real, e a subjetividade, ao se decompor em estruturas simplificadas o tido complexo. Estas estruturas são denominadas de sistemas, assim definidas pelos autores: um sistema é o conjunto complexo de objetos e/ou atributos. O mundo real deve ser visto, então, como sendo composto de sistemas interligados em escalas e complexidades variadas, que agrupados uns aos outros formam uma hierarquia de sistemas (subsistemas, sistemas, supersistemas, etc)

Tricart (1977) referiu-se ao valor da abordagem da teoria dos sistemas como um instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio, porque dá condições de uma visão do conjunto do aspecto dinâmico. Além disso, o conceito de sistema possui caráter dinâmico e por isso se torna adequado a fornecer os conhecimentos básicos para um entendimento funcional do meio, não sendo apenas um inventário.

3.1.1 – Análise Sistêmica e Geomorfologia

Para Christofolletti (1979b) a aplicação da teoria dos sistemas aos estudos geomorfológicos tem servido para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudos dessa ciência.

Na Geomorfologia, a Teoria dos Sistemas foi introduzida por Strahler (1952, apud Gregori 1992, p.222), ao escrever que:

A Geomorfologia realizará seu mais pleno desenvolvimento somente

quando as formas e os processos forem relacionados em termos de sistemas dinâmicos, e as transformações de massa e energia forem consideradas como funções do tempo.

A concepção de Geossistemas surge com a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas na Geografia Física, visando o entendimento do geossistema como um fenômeno natural relacionado com a superfície terrestre, sendo necessário encarar o estudo dos geossistemas como formações naturais. Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando a sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o estudo e suas descrições verbais ou matemáticas.

Para Christofolletti (1999) os geossistemas representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza. Para Bertalanffy (1973, *apud* Sotchava 1977) os Geossistemas representam uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados, pois recebem matéria e energia de outros sistemas e modificam e repassam na seqüência para outro sistema.

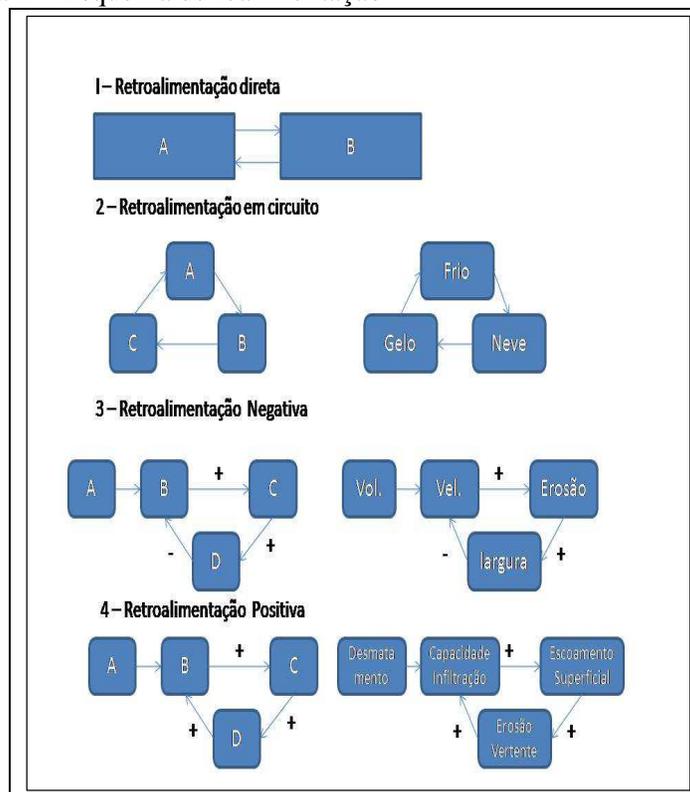
Sotchava (1977) faz referencia a importância da hierarquia dos Geossistemas devido a possibilidade de análise desde uma escala global até a escala local de forma independente apesar de existir relações entre as várias escalas, pois cada unidade possui dinâmica própria.

Os geossistemas por apresentar grande variedade de elementos atuantes e uma estrutura peculiar para cada sistema e devido à dificuldade de entender e estudar a interação de seus elementos e a estrutura de funcionamento, podem ser classificados como sistemas complexos

Segundo Mattos e Perez Filho (2004) os sistemas complexos possuem algumas peculiaridades que podem distingui-los de outros sistemas. Eles apresentam características como não-linearidade e realimentação, onde os elementos que compõem um sistema complexo interagem de maneira não-linear criando laços de realimentação negativos e positivos que controlam os estados do sistema.

Segundo Chritofolletti (1979b) a realimentação é a volta de um efeito sobre a variável ou elemento inicial, produzindo uma circularidade de ação. Para o autor (*op. cit.*) existem quatro tipos de realimentação. A realimentação direta ocorre quando há relacionamento direto de ida e volta da ação em duas variáveis (Figura 1).

Figura 1 – Esquema de realimentação



Fonte: Christofolleti (1979a).

A realimentação em circuito ocorre quando existe mais de duas variáveis e a realimentação retorna ao ponto inicial, completando um circuito.

A realimentação negativa acontece quando uma variação externa produzida leva ao estabelecimento de um circuito fechado de alteração, que tem a função de estabilizar o efeito da mudança original. Nesse circuito sempre ocorre sinal negativo em número ímpar, caracterizando assim uma realimentação negativa.

Por último a realimentação positiva ocorre quando uma ação externa produzida é reforçada pelo circuito entre as variáveis acarretando no aumento da ação dentro do sistema. A realimentação positiva não promove a estabilização do sistema, sempre acentua a destruição. Nesse caso, esse circuito pode ter somente sinais positivos ou também sinais negativos, porém estes devem aparecer sempre em números pares para poder caracterizar uma realimentação positiva.

Para Mattos e Perez Filho (2004) outra característica dos sistemas complexos é a idéia de que o Todo é diferente de suas Partes, uma vez que a interrelação entre os elementos propicia o surgimento de novas características que não existiriam caso estes elementos fossem considerados separadamente.

Outra característica importante é o alinhamento hierárquico onde um sistema é formado por subsistemas, sendo que ao mesmo tempo integra outros sistemas de nível hierárquicos maiores. Para Mattos e Perez Filho (2004, p.13):

Os sistemas complexos se organizam hierarquicamente de uma forma alinhada: há sistemas dentro de sistemas dentro de sistemas... Por conta desse tipo de organização, a questão da escala torna-se fundamental para o estudo da estabilidade nos sistemas complexos: a instabilidade num subsistema pode representar apenas uma pequena flutuação no sistema do qual faz parte; de maneira inversa, um sistema que esteja passando por um período de instabilidade ainda assim pode apresentar “núcleos de resistência”, isto é, subsistemas que conservam sua estabilidade, a despeito da instabilidade num sistema maior ao qual estão integrados.

O alinhamento hierárquico dos sistemas pode ser representado por uma bacia hidrográfica, pois bacias de menor ordem se constituem em sub-bacias hidrográficas das bacias de ordem hierárquica superior.

Outra característica salientada pelos autores é a idéia de regiões atratoras e repulsoras. A evolução de um sistema complexo pode ser representada graficamente num gráfico n-dimensional onde cada eixo representa uma variável do sistema. Medindo as variáveis ao longo do tempo e colocando os dados no gráfico é possível verificar uma trajetória que representa a tendência de evolução do sistema. As regiões do gráfico onde as resultado se concentram ao longo do tempo representa os atratores do sistema e as regiões do gráfico onde elas dispersão representam as regiões de repulsão do sistema.

A auto-organização é outra característica para se entender os sistemas complexos, pois a organização é a dinâmica que garante a estrutura e o funcionamento do sistema como um todo integrado, ditando como os elementos se dispõe e se inter-relacionam em função do todo, sendo que a própria inter-relação entre os elementos que surge a organização.

Os sistemas complexos também possuem a característica de sistemas abertos e afastados de equilíbrio termodinâmico, pois estão continuamente trocando energia com o ambiente externo e conseguem manter-se num estado afastado do equilíbrio termodinâmico, recebem fluxos de energia do ambiente externo e mesmo assim conseguem manter um baixo nível de entropia interna ao longo de sua evolução. A auto-organização desses sistemas permitem o surgimento de estruturas dissipativas, que

repulsam a energia interna e, ao mesmo tempo, usam a energia captada do ambiente externo para aumentar a sua organização.

Para Mattos e Perez Filho (2004), pelos sistemas complexos apresentarem essas características, muitos sistemas geomorfológicos se adéquam dentro dessa categoria de sistema.

O conceito de estabilidade nos sistemas complexos se difere do conceito genérico de um estado estático onde as forças buscam um equilíbrio para permanecerem de forma constante. No caso nos sistemas complexos a estabilidade representa a capacidade de manter seu padrão sob qualquer tipo de distúrbio, conseguindo se reorganizar no estado anterior ao distúrbio ou se organizando num novo padrão. A estabilidade nos sistemas complexos não se enquadra na idéia de estático, e sim na idéia de manter um mesmo padrão de organização, mesmo que não retorne as suas condições iniciais, pois o sistema se encontra em constante mudança.

Para Mattos e Perez Filho (2004, p.16):

A estabilidade do sistema é a própria capacidade que ele tem de manter sua organização global, ainda que haja constantes alterações nas condições ambientais e renovações e transformações nos elementos componentes do sistema e em suas interações (expressa em mudança nas formas e/ou processos). Portanto, uma estabilidade é relativa e dinâmica, característica da evolução dos sistemas (...).

Segundo Christofletti (1979a) esse estado constante ou de estabilidade (“*steady state*”) é atingido quando a importação e a exportação de matéria e energia forem equacionadas por meio do ajustamento das formas do próprio sistema, permanecendo constantes enquanto não se alterarem as condições externas.

Para Mattos e Perez Filho (2004, p.13):

A estabilidade significa a manutenção da identidade do sistema (GONDOLO, 1999), e essa identidade é dada pelo seu padrão de organização (CAPRA, 1997). Assim, a organização e estabilidade se reforçam mutuamente: o padrão de organização do sistema gera estabilidade e a estabilidade mantém o padrão de organização. No entanto a estabilidade não deve ser entendida como um estado no qual o sistema permanece estático, fixo, imóvel, como a palavra estabilidade poderia sugerir (CAPRA, 1996).

Uma das formas de estabilidade é pela resiliência que representa a capacidade do sistema de retornar ao estado anterior a perturbação. A estabilidade de resistência representa a capacidade do sistema de permanecer imune as perturbações, ou seja, a capacidade de manter inalterada seu padrão de organização.

Para os autores (*op. cit.*) outra forma de estabilidade é a multiestabilidade onde os sistemas possuem estados alternativos de estabilidade, podendo permanecer num ou outro estado de acordo com o momento. Nessas três formas de estabilidade a perturbação não atinge seu limiar crítico.

Por último, a perturbação pode ultrapassar o limiar crítico do sistema, levando-o a uma instabilidade momentânea, onde haverá um processo de reorganização, considerando as novas variáveis introduzidas no sistema buscando a estabilidade. Nesse caso, o sistema sai de uma estabilidade inicial, passa por uma fase de instabilidade devido à ultrapassagem do limiar crítico e, buscando uma nova estabilidade, se reorganiza nas novas condições.

3.1.2 - Classificação dos Sistemas em Geomorfologia

Sobre a composição dos Sistemas em Geomorfologia, Christofolletti (1979b) salienta a importância de três aspectos: matéria, energia e estrutura. A matéria consiste no material que é mobilizado pelo sistema, como no carreamento de sedimento por um rio até sua foz. A energia representa a força que permite o funcionamento do sistema, podendo ser dividida em energia potencial e cinética, onde a primeira representa a energia de forma estática tendo como exemplo a gravidade em uma encosta e a segunda representa a energia de movimento podendo ser representada como a movimentação de material de uma encosta. E a estrutura do sistema pode ser compreendida pelos elementos e suas relações, sendo o elemento a unidade básica do sistema, onde a constituição do elemento dependerá da escala de estudo. Como exemplo a vertente, que em relação ao sistema bacia hidrográfica é um elemento, mas em relação a ela mesma pode ser estudada como um sistema.

A estrutura também pode ser compreendida por três características. O tamanho é determinado pelo número de variáveis do sistema. A correlação entre as variáveis do sistema corresponde ao modo de interação entre os elementos sendo sua análise realizada de duas maneiras, correlação simples que representa a interação entre as variáveis e a correlação canônica que representa a relação dos conjuntos das variáveis, e dentro dessa correlação a força é qualificada pela intensidade, podendo ser positiva ou negativa. E a casualidade mostra qual é o elemento independente, o controlador e o dependente através das relações entre os elementos.

Para Ross (2006) a classificação dos geossistemas deve levar em consideração o

entendimento de seu caráter dinâmico, pois qualquer sistema se encontra num determinado estado de dinâmica, no qual as estruturas primitivas, as mudanças de estado e as funções de determinado componente tornam-se fundamentais para o entendimento e classificação.

Christofolletti (1979b) afirma que os Sistemas em Geomorfologia podem ser classificados segundo dois critérios: critério funcional e complexidade de estruturas.

Considerando os critérios funcionais podem existir dois tipos de sistemas:

- Sistemas isolados: São aqueles que a partir da condição inicial não fazem qualquer tipo de troca com o meio externo, tanto de matéria quanto de energia, portanto sabendo-se das condições iniciais de matéria e energia e suas características pode-se saber a evolução do sistema até seu término.

- Sistemas não-isolados: são aqueles que mantêm relações de troca com o meio externo sendo divididos em dois grupos:

- Sistemas não-isolados fechados: são sistemas onde há troca de energia, mas não de matéria.
- Sistemas não-isolados abertos: são aqueles que exercem constante troca de energia e também de matéria.

Dentro da classificação da complexidade estrutural Chorley e Kennedy (1971, *apud* Christofolletti 1979b) distinguiram dez tipos de sistemas, e dentro desses, quatro que se encaixam nas questões da Geomorfologia: sistemas morfológicos, sistemas em seqüência, sistemas processos-respostas e sistemas controlados.

Os sistemas morfológicos visam o estudo das formas e da composição, através da mensuração física do fenômeno, como geometria e composição, constituindo assim as formas estudadas como comprimento, altura, declividade, granulometria, sem a preocupação de uma análise funcional ou dos processos atuantes.

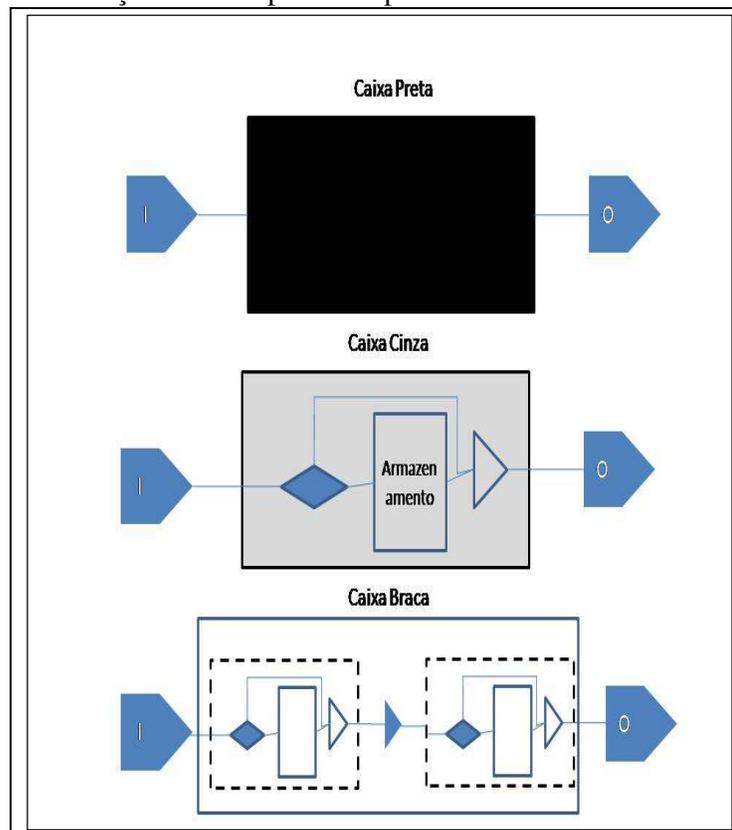
A estruturação dos sistemas em seqüência visa o entendimento do fluxo e transformação de um input através de diversos subsistemas integrados que funcionam conjuntamente. Para Gregory (1992) “sistemas em seqüência são compostos de cadeias de sub-sistemas que são dinamicamente ligados por uma cascata de massa ou energia, de forma que o *output* de um subsistema se torne *input* para o adjacente.”.

Para a análise dos sistemas em seqüência deve-se considerar três etapas. Primeira etapa consiste na identificação dos subsistemas que compõe a cadeia. Segunda etapa visa a identificação dos reguladores, instrumentos que possuem função de decidir o rumo do fluxo de materiais e energia de acordo com o limite de capacidade de fluxo e

armazenamento de cada subsistema. A terceira etapa consiste na identificação dos armazenadores de cada subsistema.

Dentro da análise dos sistemas em seqüência procura-se verificar as relações entre os *inputs* e os *outputs* a partir de três maneiras distintas apresentadas por Chorley e Keneddy (1971 apud Christofolletti 1999): (Figura 2)

Figura 2 – Relações entre inputs e outputs



Fonte: Christofolletti (1979b)

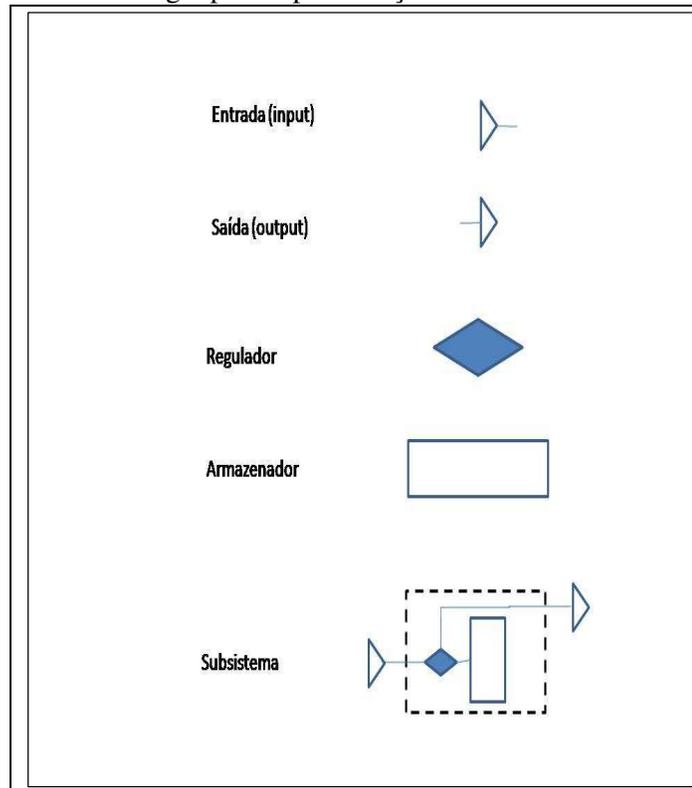
- Caixa branca: consiste na identificação das estocagens, fluxos e outros processos, visando o conhecimento interno detalhado do subsistema.

- Caixa cinza: consiste no conhecimento parcial do funcionamento interno do sistema, focalizando o interesse limitado dos subsistemas, desconsiderando o funcionamento interno.

- Caixa preta: Não considera o funcionamento e organização do sistema, é considerado como uma unidade sem se preocupar com o conhecimento dos subsistemas.

A representação dos sistemas em seqüência pode ser feita na forma de diagrama e fluxograma assinalados por algumas simbologias apresentadas por Christofolletti (1979a). (Figura 3).

Figura 3 – Simbologia para representação dos sistemas



Fonte: Christofolletti (1979b)

Os sistemas processos-respostas são formados pela combinação dos sistemas morfológicos e em seqüência, onde o último indica o processo e o morfológico a resposta, a forma. Assim, estabelece-se um equilíbrio entre os dois sistemas, de modo que ocorrendo uma modificação no sistema em seqüência, conseqüentemente afetará o sistema morfológico, podendo também ocorrer o inverso.

Christofolletti (1979b) considera que o sistema de processo-resposta focaliza com maior ênfase a identificação das relações entre os processos e as formas que dele resultam, através do reajuste das variáveis na busca de um novo equilíbrio, estabelecendo-se uma nova forma. Por outro lado, as alterações ocorridas nas formas podem alterar a maneira pela qual o processo atua, produzindo nos inputs fornecidos ao sistema morfológico.

Segundo o autor (*op. cit.*) o sistema processo-resposta apresenta uma propriedade denominada mecanismo de realimentação, onde o efeito de uma alteração volta a atuar sobre a variável ou elemento inicial, produzindo assim uma circularidade de ação.

Os sistemas controlados são aqueles que apresentam atuação antrópica sobre o sistema. A complexidade do sistema é intensificada conforme a intervenção humana. Para Gregory (1992) os sistemas controlados são aqueles que a inteligência humana pode intervir para produzir mudanças operacionais na distribuição de energia e massa.

Para Christofolletti (1999) a complexidade do sistema é aumentada devido a intervenção humana. Quando se examina a estrutura dos sistemas processos-respostas verifica-se que existem algumas variáveis chaves, no qual o homem pode intervir e causar transformações na organização da entrada e saída de matéria e energia dentro dos sistemas em seqüência, conseqüentemente modificando as formas relacionadas a esses sistemas. As modificações causadas pelo homem podem ser conscientes, porém pode ocorrer de forma inconseqüente, causando modificações irreversíveis no sistema.

3.2 - Propostas de Zoneamento Ambiental

3.2.1 - Evolução das discussões ambientais

Desde a pré-história o homem vem intervindo no meio natural para obtenção de recursos para sua sobrevivência. Ao longo do tempo, com a evolução de sistemas de produção e desenvolvimento de técnicas, a humanidade intensificou o processo obtenção da natureza, aumentando assim sua degradação. Com o advento da revolução industrial, a busca por recursos naturais se acelerou devido ao aumento da escala da produção das fábricas e, além disso, houve um crescimento exponencial da população causando um inchaço dos centros urbanos conjuntamente com a mecanização do campo.

Após a segunda guerra mundial, principalmente depois da detonação das bombas nucleares dos EUA em solo japonês, ficou evidente que o potencial técnico-científico desenvolvido pelo homem, pode de forma violenta intervir no meio ambiente de modo a causar modificações irreversíveis.

Em virtude da potencialidade do homem de transformar a natureza, houve uma preocupação mundial para debater as questões ambientais. Segundo Foladori (2001), no período após as guerras, foram criados diversos organismos internacionais e elaboradas reuniões para a discussão do tema. O primeiro organismo criado foi a União Internacional para a Conservação da Natureza em 1948 que tinha como propósito o debate e a elaboração de estratégias sobre a conservação da natureza. Mesmo existindo

discussões em âmbito mundial, pouco foi efetivamente realizado para mudar o quadro de degradação do meio ambiente.

Mesmo não existindo preocupações evidentes por parte dos agentes produtivos e governos, estudos começaram a apontar efeitos degradantes para o meio ambiente, principalmente na área da agricultura. Segundo Bernardes e Ferreira (2003) em 1962, a bióloga Rachel Carson lançou o livro *Silent Spring* denunciando os perigos dos inseticidas e pesticidas, afirmando que os produtos químicos matavam os insetos e pragas prejudiciais, mas também destruíam o solo e envenenavam as pessoas.

No entanto, somente nas décadas de 60 e 70 que as preocupações com o meio ambiente e as discussões se intensificaram, principalmente devido à presença de movimentos ambientalistas, como Greenpeace, que passaram a exercer fortes pressões sobre os governos para adotar medidas mais concretas.

Em 1972 foi publicado o primeiro informe do clube de Roma, intitulado Os Limites do Desenvolvimento, discutindo o problema da acelerada utilização dos recursos naturais tentando buscar limites para o crescimento tanto da população quanto industrial.

Neste mesmo ano foi realizado em Estocolmo, Suécia, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o homem participando os países membros da ONU. Ao final foi produzida uma declaração que proclamava “o direito dos seres humanos ao meio ambiente saudável e o dever de protegê-lo e melhorá-lo para as futuras gerações”. Como resultado da reunião, também foi criado comissões e programas referentes ao tema, como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Foi também estabelecido a ocorrência da conferência a cada dez anos para apresentar a evolução das discussões.

Para Bernardes e Ferreira (2003) a mais importante reunião, depois de Estocolmo, foi a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), no Rio de Janeiro, onde se emitiu várias declarações, dentre as que se destacaram estava a Convenção Sobre a Alteração Climática que procurou estabelecer regras para a proteção da atmosfera e a contenção de emissão de gases poluentes. Com a Eco-92 sendo realizada no território nacional, as preocupações ambientais deixaram de ser apenas discussões acadêmicas, e passaram a fazer parte da pauta de políticas públicas.

Esse crescimento da preocupação com o meio ambiente fez surgir à necessidade de planejar o uso e ocupação do território nacional de modo a diminuir o impacto

gerado pelo crescimento econômico.

Para Ross (2006, p 52):

Em função de todos os problemas ambientais, decorrentes das práticas econômicas predatórias, que tem marcado a história deste país e que, obviamente, tem implicações para a sociedade a médio e longo prazo, com perda de qualidade ambiental e de vida, é que se torna cada vez mais urgente o planejamento físico territorial não só com a perspectiva econômico social, mas também ambiental. Assim, a preocupação dos planejadores, dos políticos e da sociedade como um todo deviam ultrapassar os limites dos meros interesses econômicos e tecnológicos, visando ao desenvolvimento que leve em conta não só as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais perante a diferentes inserções dos homens na natureza.

Na execução de estudos voltados ao planejamento ambiental pode-se aplicar diversas metodologias de estudo, que segundo Guerra e Marçal (2006) o planejamento ambiental deve ser feito de maneira holística e integrada, sendo capaz de avaliar a degradação crescente dos recursos naturais; como também deve diagnosticar e analisar as características e o funcionamento dos elementos que compõem os sistemas ambientais físicos, sociais e econômicos.

Para Ross (2006) o entendimento integrado dos elementos consiste em obter um conjunto de informações, elaborado e organizado de forma a gerar um conteúdo básico para desenvolver um planejamento de gestão ambiental para um determinado território, com a finalidade de promover o desenvolvimento econômico e social em bases sustentáveis.

3.2.2 – A Paisagem como Unidade de Análise no Zoneamento Ambiental

Dentre as diversas formas de elaborar um planejamento ambiental visando o estudo integrado do território, o zoneamento ambiental, através da delimitação de unidades de paisagens, apresenta-se como método bastante completo por levar em consideração a paisagem como elemento fundamental de análise do meio.

Segundo Bertrand (1971) a paisagem não representa uma simples adição de elementos geográficos, pois, numa determinada porção do espaço, significa o resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que se relacionam uns com os outros fazendo da paisagem um conjunto único e indissociável que está em constante evolução.

Para Delpoux (1974, p 5):

Assim é possível definir a paisagem como a entidade espacial correspondente à soma de um tipo geomorfológico e de uma cobertura no sentido mais amplo deste termo (da floresta à aglomeração e à zona industrial passando pelas culturas ou superfícies aquáticas).

Para o autor (*op. cit.*) a paisagem é constituída por duas unidades distintas: o suporte e a cobertura. O primeiro representa toda a estrutura e a base de formação da paisagem como características geológicas (orogênese, estratigrafia e litologia). Já a cobertura representa a influência dos elementos constituintes da paisagem como parâmetros climáticos, pedológicos, biológicos e antrópicos.

Em virtude da paisagem estar relacionada a estrutura e ao suporte identificados, sua delimitação não depende do fator da escala, mas dos critérios de homogeneidade da paisagem, como extensão, função, da importância da variação no espaço dos diversos fatores. Pode ser encontrado unidades de paisagem em escalas menores como a Mata Atlântica e paisagens locais como uma vertente.

A paisagem pode ser definida para Rodrigues, Silva e Cavalvanti (2004) como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais que possui as seguintes características:

- comunidade territorial através da homogeneidade na composição dos elementos que a integram, e o caráter das suas interações e inter-relações.
- O caráter sistêmico e o complexo de sua formação que determina a integridade de sua unidade.
- O nível particular do intercâmbio do fluxo de substância, energia e informação, que determina seu metabolismo e funcionamento.
- A homogeneidade relativa da associação espacial das paisagens, que territorialmente caracterizam-se por um nível inferior, com regularidades e subordinação espacial e funcional.

Dessa forma, as paisagens são formações complexas caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que a integram, pelas múltiplas relações (internas e externas), pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual.

Para Ross (1990) as unidades de paisagem são diferenciadas pelos elementos de relevo, clima, cobertura vegetal, solo, arranjo estrutural e tipologia de rocha, estando

eles interligados de forma que ocorrendo uma variação numa característica desses elementos, poderá ocasionar uma mudança nos demais. Dessa forma, a paisagem se apresenta como a conformação de todos os elementos responsáveis pela dinâmica do meio.

O conceito de unidades de paisagem pode ser plenamente adotado para a elaboração de um zoneamento ambiental pois apresenta um caráter de integração dos elementos atuantes no meio e permite a delimitação de zonas homólogas, que possuem dinâmicas de funcionamento semelhantes, possibilitando assim o entendimento dos processos do meio.

Assim, dentre os diversos métodos de zoneamento ambiental que consideram a unidade de paisagem como conceito base para seu desenvolvimento, passamos a apresentar três metodologias que consideramos como fundamental importância no foco de discussões desse trabalho. O método inicialmente apresentado por Bertrand (1971), a proposta de Sotchava (1977, 1978), o método apresentado por Rodrigues, Silva e Cavalvanti (2004) e o método da ecodinâmica de Tricart (1977) que serviu como base para a proposta de Ross (1990).

A proposta de Bertrand (1971) consiste numa taxonomia das paisagens fixando desde o início seus limites. A delimitação deve ser feita como um meio de aproximação com a realidade geográfica. É necessário identificar os limites das paisagens da forma como se encontram para combinar as relações entre os elementos para melhor identificá-los. Dessa forma o autor (*op. cit.*) diz que “a síntese vem felizmente no caso substituir a análise.”.

Os sistemas taxonômicos devem permitir elaborar uma classificação das paisagens em função da escala, pois os elementos constituintes da paisagem possuem certa semelhança podendo ser melhor classificados através da escala.

Para o autor (*op. cit.*) o sistema taxonômico pode ser dividido em seis níveis: zona, domínio e região dentro das unidades superiores sendo representada por elementos climáticos e estruturais e; o geossistema, geofácies e geótopos representando as unidades inferiores com elementos biogeográficos e antrópicos.

A Zona representa um conjunto de primeira ordem numa escala planetária onde ela é definida primeiramente pelo clima e posteriormente pelos biomas e mega estruturas.

O domínio corresponde a segunda grandeza sendo determinado não mais só pela escala global, mas também pela influência regional dentro da composição de suas

características e o fator relevo se torna também representativo.

A região representa a terceira e quarta ordem inseridos no interior dos domínios, representando andares biogeográficos aplicando-se tanto à conjuntos físicos, climáticos, estruturais ou pela vegetação.

Os geossistemas acentuam o complexo dinâmico do conjunto, situando-se na quinta grandeza. Trata-se de uma unidade compreendida entre alguns quilômetros Km² a algumas centenas de Km² sendo nessa escala o local que ocorre a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem.

Para Bertrand (1971, p.14):

Os níveis superiores a ele só o relevo e clima e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana. O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (...) climáticos (...) e hidrológicos (...).

A geofácia corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo, onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Representam uma pequena malha na cadeia das paisagens que se sucedem no interior de um mesmo geossistema.

O geótopo representa a menor unidade geográfica homogênea diretamente identificada no terreno, tende que geralmente efetuar uma análise em laboratório de seus elementos.

A proposta metodológica apresentada por Sotchava (1977) para zoneamento ambiental consiste na análise geossistêmica da paisagem levando em consideração a relação entre os fatores naturais e antrópicos, pois o autor (*op. cit.*) ressalta que mesmo os geossistemas sejam fenômenos naturais, os fatores sócio-econômicos exercem influência em sua estrutura, onde as alterações antrópicas refletem na dinâmica da paisagem.

Para o autor (*op. cit.*), a natureza passa a ser compreendida não apenas pelos seus componentes, mas principalmente pelas conexões entre eles, não restringindo-se à morfologia da paisagem e as suas subdivisões, mas priorizando a análise de sua dinâmica, sua estrutura funcional e suas conexões.

O autor (*op. cit.*) considera os sistemas controlados, denominados geotécnicos, divididos em dois grupos de análise, o geossistema de controle episódico que apresenta

a estrutura do geossistema recebendo interferência inicial, e na seqüência desenvolve-se de outra maneira de forma espontânea; e o geossistema de controle constante em que as influências externas atuam sistematicamente, com um determinado grau de intensidade.

A partir do conceito de sistemas controlados, os fatores antropogênicos influenciam na estrutura de um geossistema, podendo assim ser incluídos na categoria natural, e que para o estudo geossistêmico, a análise sócio-econômica e ecológica devem ser abordadas como fatores ou elementos da dinâmica geossistêmica, buscando, portanto, sempre a integração nos estudos ambientais.

A complexidade da análise dos geossistemas é baseada na variedade de funções encontradas no espaço, onde cada representação desse espaço acha-se corpos naturais onde se desenvolvem processos relacionados ao funcionamento da estrutura geossistêmica.

Sotchava (1978) reconhece que existe três ordens dimensionais de análises nos estudos dos geossistemas, a saber: a ordem planetária, a regional, e a topológica. Cada ordem apresenta uma escala e uma dinâmica própria de análise, porém ao mesmo tempo elas se interagem.

Para os estudos dos geossistemas o autor (*op. cit.*) admite dois princípios:

Na caracterização do meio natural verifica-se a convergência de dois princípios; homogeneidade e diferenciação. No processo de desenvolvimento natural desse domínio funcionam ao mesmo tempo os processos de homogeneidade e diferenciação. Todas as classes de geossistemas com estrutura homogênea chamam-se “geômeros”, e os de estrutura diferenciada são chamados de “geócoros” (SOTCHAVA, 1978, p. 4).

O reconhecimento de áreas homogêneas no espaço geográfico, como as biogeocenoses, devem ocorrer de maneira coerente, admitindo uma análise generalizada, considerando a sua relação ecológica potencial ou seu ritmo natural.

Sotchava (1977) afirma que a avaliação da homogeneização em diferentes graus de precisão baseia-se em estudos experimentais e observações visuais, podendo subsidiar a classificação do geossistema, porém apenas os estudos experimentais e observações não classificam o geossistema de forma absoluta, sendo necessária a realização de adaptações e aperfeiçoamentos.

De acordo com Oliveira (2003), em relação a classificação dos geossistemas, considera-se que cada parcela do tempo encontra-se em determinado estado de dinâmica, o que invalida uma análise unilateral do espaço, tornando-se indispensável

um entendimento das mudanças ou transformações naturais pela relação com as interferência antrópica. Dessa forma, as diversas modificações causadas por influências externas devem ser caracterizadas como objetivo dinâmico, a fim de revelar tendência dinâmica de funcionamento do meio natural, tornando-se incompleto a simples taxonomia dos geossistemas para entendimento da estrutura geral destes.

A classificação de geossistemas para zoneamento físico-territorial não pode ser entendida como um sistema de divisão territorial, pois, Sotchava (1978), afirma que à medida que se desenvolve o zoneamento, muitas vezes este nomeia a classificação do território pelo conjunto de sinais naturais ou por um dos componentes da paisagem, delimitados por zonas distintas sendo tipologias ou classificações. Assim, as classificações, como outras generalizações científicas, não são absolutas, necessitando um aprimoramento norteado por teorias e metodologias que atendam as demandas específicas.

Oliveira (2003) afirma que a pesquisa geográfica não deve deixar de considerar que os geossistemas se transformam como um todo, mas que alguns de seus componentes o fazem com diferentes intensidades e frequências, de modo que a previsão da dinâmica de determinados componentes é necessária a pesquisa geográfica integrada.

Sotchava (1977) salienta que os estudos, considerando a sistematização do meio natural como objeto de análise, com o intuito de ordenar e espacializar as informações, configuram um requisito indispensável à solução de muitos problemas geográficos a partir da construção e análise de mapas e de cartas temáticas.

Segundo Oliveira (2003), os estudos geográficos devem se alicerçar em produção de documentação cartográfica que contemplem a formulação de mapas da paisagem, com dados analíticos que caracterizem os vários itens do geossistema. Os mapas de correlação são bem significativos, pois apresentam a distribuição espacial das inter-relações de vários fenômenos geográficos expressos quantitativamente, revelando como a variação de um dado fator afeta os vários componentes de um geossistema.

A proposta de zoneamento ambiental apresentada por Rodrigues, Silva e Cavalvanti (2004) denominada geocologia da paisagem é fundamentada na análise sistêmica da paisagem, pois a concepção sistêmica consiste na abordagem da realidade, podendo ser estudada como uma única unidade, buscando o entendimento da dinâmica e funcionamento do meio.

Para Rodrigues, Silva e Cavalvanti (2004, p. 40):

A “análise paisagística” é um conjunto de métodos e procedimentos técnicos-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis.

Para a análise sistêmica da paisagem, é considerado a regionalização e tipologia como fundamentais para o estudo paisagístico regional, pois constitui a base das propriedades espaços-temporais dos complexos territoriais que se reproduzem pela influência dos fatores naturais e antropogênicos.

Para o Rodrigues, Silva e Cavalvanti (2004, p. 65):

O estudo das unidades naturais territoriais existentes caracterizam-se para cada nível taxonômico determinado, pela homogeneidade das condições naturais, o caráter da estrutura e o funcionamento, fundamentais na análise paisagística regional, constituindo a base das propriedades espaços-temporais dos complexos. Todos são necessários para a avaliação qualitativa e quantitativa no processo de planejamento regional.

O processo de regionalizar a paisagem consiste no sistema de divisão territorial de unidades espaciais de qualquer tipo, seja administrativas, econômicas ou naturais. A regionalização natural abrange todos os tipos de regionalização dos componentes e complexos da dimensão geográfica, como climática ou físico-geográfica.

A regionalização físico-geográfica (geoecológica ou de paisagens) consiste na análise, classificação e cartografia dos complexos físico-geográficos individuais, tanto naturais como modificados pela ação antrópica, e o entendimento da sua composição, estrutura, relações, desenvolvimento e diferenciação.

Posteriormente a definição da escala adotada para o desenvolvimento do estudo, o autor (*op. cit.*) apresenta cinco enfoques a serem adotados de acordo com a proposta do trabalho. Esses enfoques da análise da paisagem tratam fundamentalmente das idéias, conceitos e métodos adotados para a pesquisa.

O enfoque estrutural da paisagem caracteriza a forma de organização interior, as relações entre os componentes que a formam e as subunidades de paisagens de categoria inferior. Consiste em explicar como se combinam esses componentes para fazer uma análise integrada do sistema e como é a sua organização estrutural.

O enfoque funcional analisa a paisagem com finalidade de esclarecer como ela está estruturada, demonstrar quais são as relações funcionais de seus elementos a fim de entender a sua estrutura (relações genéticas) e forma (funções naturais e sociais) como

se apresenta.

O terceiro enfoque é o evolutivo-dinâmico, que consiste em esclarecer as leis e regularidades do desenvolvimento do território. Procura entender o processo de desenvolvimento da paisagem através de modificações de suas partes estruturais causado por forças internas e externas

O enfoque histórico-antropogênico procura identificar a interferência da sociedade na paisagem, admitindo-se que o processo de dois sistemas inter-relacionados, natureza e sociedade, tem se convertido num dos principais processos de desenvolvimento do planeta. Esse enfoque procura estudar os problemas de modificação e transformação das paisagens, sua classificação e característica, os impactos geocológicos e a dinâmica antrópica das paisagens.

Por último, o enfoque integrativo da estabilidade e sustentabilidade da paisagem procura entender o funcionamento dos geossistemas de forma que garanta a possibilidade da reprodução de recursos e de outras funções vitais. Constitui um procedimento útil para dirigir de forma racional a utilização da natureza, podendo delimitar o limite entre a necessidade de uso e a conservação do meio natural.

Tricart (1977) apresenta sua discussão metodológica sobre análise da dinâmica do funcionamento da paisagem, o conceito de ecossistema, sendo este inicialmente proposto e sistematizado por Tansley (1934, *apud* Tricart 1977, p.17) onde “o ecossistema é um conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem.”.

Para Odum (1958, *apud* Delpoux 1974, p10) ecossistema é “uma entidade ou unidade natural que inclui as partes animadas e inanimadas para produzir um sistema estável no qual as trocas entre as duas partes inscrevem-se em encaminhamentos circulares.”.

Para Delpoux (1974, p.10) o estudo e análise das paisagens levam a constatar a existência de um dualismo , entre forma e estrutura, e se o estudo de cada uma dessas unidades leva a constatar a existência de uma dinâmica própria a cada uma delas, pode ser então introduzida uma idéia de dinâmica funcional.

A metodologia proposta por Tricart (1977) é baseada na ecodinâmica, que representa o estudo da dinâmica dos ecótopos, sendo este compreendido pela parte dinâmica dos ecossistemas, sendo essa dinâmica importante para a conservação e desenvolvimento dos recursos ecológicos e dos seres vivos do ecossistema.

Baseado no conceito de ecossistemas Tricart (1977) adota uma abordagem

integrada, sobretudo para as questões da natureza sob os efeitos da sociedade. Desta forma:

(...) a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Isso significa determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação (TRICART, 1977, p. 32).

O autor salienta que (*op. cit.*, p.32):

Uma unidade ecodinâmica pode se caracterizar por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. (...). O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente.

(...)

Geralmente, a morfodinâmica é o elemento determinante (...) A morfodinâmica depende do clima, da topografia, do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros.

A ótica dinâmica é o referencial inicial para elaborar uma classificação dos meios em níveis taxonômicos. O autor (*op. cit.*) distingue três grandes tipos de meios morfodinâmicos em função da intensidade dos processos atuantes: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis.

Nos meios estáveis, a noção de estabilidade se aplica a interface atmosfera-litossfera. Os processos mecânicos atuam pouco e de modo lento, ocasionando numa evolução lenta. Os meios morfodinâmicos estáveis apresentam cobertura vegetal suficientemente fechada diminuindo a atuação dos processos mecânicos, tornando-os tênues. A dissecação atua de forma moderada e a evolução das vertentes ocorre de forma lenta.

Os meios intergrades significam passagem gradual entre os meios estáveis e fortemente instáveis. Ocorrem em áreas de transição, pois a passagem do meio estável para o fortemente instável não apresenta um corte abrupto de uma situação para a outra. Esses meios podem ser caracterizados pela interferência constante entre a morfogênese e a pedogênese variando em função de dois critérios: um qualitativo e outro quantitativo.

O critério qualitativo distingue dois processos: os morfogenéticos que atuam unicamente a superfície do solo não alterando a sucessão dos horizontes no perfil, e aqueles que agem em toda ou em parte importante da espessura do solo perturbando a

disposição dos horizontes.

Já o critério quantitativo refere-se ao balanço pedogênese/morfogênese, onde sendo fraca a instabilidade do meio, a pedogênese passa a atuar de forma mais intensa transitando para meios estáveis.

Os meios fortemente instáveis a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e sendo fator determinante do sistema, os outros elementos estão subordinados. Ross (2006) ressalta que as intervenções humanas promovem a brusca ativação morfodinâmica e contribuem para o desencadeamento de processos erosivos agressivos com a rápida degradação dos solos, influenciando nos processos de constituição de um meio fortemente instável.

Tricart (1977) propõem etapas para a elaboração de um zoneamento, partindo da definição do quadro regional, análise morfodinâmica, recursos ecológicos e problemas da gestão territorial.

Para a definição do quadro regional, primeiramente leva-se em consideração as condições climáticas, definindo-se o clima regional da área. Em seguida identifica-se o quadro morfoestrutural sendo dividido em dois aspectos: a tectônica que engloba as deformações recentes e atuais e, em seguida, a litologia.

Na análise morfodinâmica elabora-se, primeiro, um estudo de sistema morfogenético, em função das condições climáticas, do relevo e da litologia. No sistema morfogenético delimita-se as unidades constituintes que procede a análise.

Na seqüência o estudo dos processos atuais é dividido em três aspectos: a natureza dos processos atuais com análise detalhada do sistema morfogenético, a intensidade dos processos geralmente através de observações quantitativas e a distribuição de diversos processos na área caracterizada por um mesmo sistema morfogenético.

Na terceira etapa analisa-se as influências antrópicas, conhecendo-se as modalidades da dinâmica natural para se poder compreender os mecanismos de degradação antrópica.

Por último identifica-se o grau de instabilidade morfodinâmica através dos dados da análise dos sistemas morfogenéticos, dos processos e da degradação antrópica.

Na etapa dos recursos ecológicos são definidos três ordens de recursos. Primeiro os recursos e regimes hídricos. Segundo as condições ecoclimáticas, através da relação entre condições climáticas e agronômicas. Terceira ordem faz relação ao solo, também estudado no sentido agrológico. Por último faz-se um diagnóstico agrológico a fim de

identificar as limitações oferecidas pelo meio no seu estado atual e em suas potencialidades.

A última etapa refere-se aos problemas da gestão do território, propondo um prognóstico para a utilização do meio natural. Tricart (1977, p. 70) refere-se a essa quarta etapa como:

O diagnóstico agrológico enfatiza os problemas concernentes aos aspectos do meio natural que influenciam a exploração dos recursos ecológicos, levando em conta as características do meio, com suas limitações e possibilidades, e as técnicas suscetíveis de atenuar as sujeições naturais e de tirar melhor partido dos recursos sem os destruir. Faz-se o diagnóstico agrológico a partir de um encaminhamento de caráter puramente científico e técnico; ele é indispensável para que se possa decidir e aplicar, com sucesso, uma política de organização e gestão do território.

A proposta do autor (*op. cit.*) consiste em identificar os graus de estabilidade do meio visando fazer um diagnóstico a partir desses graus a fim de melhor organizar a gestão dos recursos naturais e ordenar o uso e ocupação do território.

O método proposto por Ross (1990) adota a teoria dos sistemas como suporte teórico para o desenvolvimento de um zoneamento ambiental. Segundo o autor (*op. cit.*, p. 54):

Os diferentes ambientes naturais encontrados na superfície da Terra, decorrentes das diferentes relações de troca de energia e matéria entre os componentes, são denominados na concepção da teoria dos sistemas como ecossistemas ou geossistemas. As relações de troca energética, absolutamente interdependentes, não permitem, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese dos solos sem que se conheça o clima, o relevo, a litologia e seus respectivos arranjos estruturais (...).

O autor (*op. cit.*) salienta também a importância de estudar as sociedades humanas que vivem e atuam no ambiente, transformando-o de acordo com suas necessidades e formas de produção econômica. A elaboração de um zoneamento ambiental deve adotar uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio econômico. Não se deve analisar o meio ambiente sem levar em consideração o fator antropogênico.

Para o autor (*op. cit.*, p.54):

(...) as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos à natureza e, portanto, aos ambientes onde vivem. Ao contrário, precisam ser vistas como parte fundamental dessa dinâmica representada pelos fluxos energéticos que fazem funcionar o sistema como um todo.

Dessa forma, aponta-se a necessidade de se elaborar uma análise integrada dos componentes naturais, bem como do uso que a sociedade faz dele. Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural, tendo ou não intervenção humana.

Na elaboração de uma análise integrada, a correlação das informações deve resultar na identificação de espaços territoriais que podem ser denominados de unidades de paisagens.

Para Ross (2006, p.59):

Essas unidades ambientais ou unidades de paisagens constituem espaços territoriais que guardam certo grau de homogeneidade fisionômica, reflexo dos fluxos naturais de energia e matéria entre os componentes e das inserções humanas por meio de atividades econômicas ao longo da história. (...) Ressalta-se, entretanto, que tais padrões fisionômicos se manifestam de modo mais genérico ou mais detalhado de acordo com a escala de análise. A identificação dessas unidades toma como suporte teórico a teoria e sistemas que como tal permite identificar um sistema maior abrangendo um conjunto de outros menores, ou vice-versa, sistemas menores dentro de um conjunto maior. É necessário considerar sempre as características da natureza e da sociedade do lugar de pesquisa, mediante níveis taxonômicos, partindo-se das análises regionais e chegando a um nível local, dentro dos limites que a escala de trabalho permite.

Para o autor (*op. cit.*), o relevo e os demais componentes da natureza devem ser levados em conta no processo de produção dos espaços a partir das potencialidades dos recursos naturais, diante das novas necessidades que vão sendo criadas pelas sociedades, e das fragilidades dos ambientes naturais em função das interferências possíveis que as tecnologias, cada vez mais desenvolvidas, permitem.

Para Ross (1994, p. 65):

O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas...

Para o autor (*op. cit.*) as fragilidades dos ambientes naturais podem ser avaliadas a partir do conceito de Unidades Ecodinâmicas elaborado por Tricart (1977), que posteriormente Ross (1990) inseriu novos critérios para definir essas unidades. Para as

Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como sendo aquelas que a intervenção antrópica modificou intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas. As Unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se em seu estado natural.

Para ser utilizado o conceito de Unidades Ecodinâmicas como subsídio ao planejamento ambiental, o autor (*op. cit.*) estabeleceu uma intensidade para o grau de instabilidade para as Unidades Instáveis ou de Instabilidade Emergente, partindo de uma instabilidade muito fraca até muito forte. O mesmo pode ser feito para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, mesmo estando em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica.

O autor (*op. cit.*) faz referencia ainda para “a importância do entendimento da dinâmica das unidades de paisagem onde as formas do relevo se inserem como um dos componentes de muita importância”.

Ross (2006, p. 61) diz que:

Para cada ambiente natural, é possível e desejável o desenvolvimento de atividades produtivas, que sejam compatíveis com suas potencialidades, de um lado, e com suas fragilidades ambientais, de outro. Nesse contexto, o relevo funciona como variável importante, indicador dos diferentes ambientes que favorecem ou dificultam as práticas econômicas, responsáveis pelos arranjos espaciais e pelo processo de produção dos espaços.

Sob o ponto de vista ambiental, a metodologia proposta por Ross e Moroz (1997) fornece um diagnóstico-síntese, que pode, perfeitamente, nortear as intervenções antrópicas futuras e corrigir as presentes, sendo, portanto, um instrumento importante no trabalho de planejamento territorial.

Ross e Moroz (1997) admitem que o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelo levantamento dos inúmeros componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida biológica. Divide o estudo em três fases:

- Primeiro defini-se os objetivos da pesquisa da área de trabalho e da escala a ser adotada.
- Segundo elabora-se um levantamento dos atributos físicos e antrópicos da paisagem para poder cartografá-los aliado a trabalhos de campo.
- Terceiro consiste em processar mediante correlação e análise das informações

colhidas nas fases anteriores, possibilitando a identificação de áreas que apresentam vulnerabilidade morfodinâmica na paisagem.

A formação do relevo pode, portanto, ser pensado como um sistema dinâmico que tende ao equilíbrio, atuando sobre ele diversos fatores que influenciam a sua formação e transformação, bem como fatores climáticos, geológicos, antrópicos e bióticos.

Ross e Moroz (1997, p.15) diz que:

(...) as formas diferenciadas de relevo decorrem portanto da atuação simultânea e desigual das atividades climáticas de um lado e da estrutura da litosfera de outro, bem como as clarezas de que tanto o clima quanto a estrutura não se comportam permanentemente sempre iguais, ou seja ao longo de tempo e no espaço ambos continuamente se modificam. Estes elementos nos permite considerar que o relevo, como os demais componentes da natureza são dinâmicos e portanto em constante estado de evolução.

As forças que agem sobre o relevo possuem duas naturezas distintas, podendo ser endógenas ou exógenas. As forças endógenas atuam na estrutura superficial da litosfera através de forças ativas e passivas. As forças ativas decorrem de atividades tectônicas através da movimentação das placas de acordo com a teoria da Tectônica de Placas, gerando terremotos, falhamentos, soerguimentos e dobramentos, além da ação vulcânica. Já as forças passivas relacionam-se com o tipo de rocha e sua composição, oferecendo assim maior ou menor resistência ao desgaste.

A ação exógena atua constantemente no relevo, porém de forma diferenciada no tempo e no espaço de acordo com as características climáticas atuantes na região, podendo ter variação de intensidade da ação do intemperismo físico e químico atuantes na área. Para o autor (*op. cit.*) “Os fatores exógenos são interdependentes e basicamente controlados pelas condições climáticas e geomorfológicas.”.

Ross e Moroz (1997) discutem também a respeito dos conceitos de Geotextura, Morfoestrutura e Morfoescultura. A Geotextura corresponde as grandes feições da crosta, como deriva de continentes e movimentações das placas tectônicas, estando, portanto associado as grandes movimentações da crosta.

A Morfoestrutura constitui em extensões menores relacionadas com as características estruturais, litológicas e geotectônicas associadas a gênese de formação sendo dividida em três categorias: crátons ou plataformas, cinturões orogênicos e bacias sedimentares.

As plataformas ou crátons são datados do Pré-Cambriano inferior, apresentando-se muito desgastados pelos processos erosivos atuantes ao longo do tempo. São representadas pelas Plataformas Amazônicas (Escudo das Guianas e Sul Amazônico) e do São Francisco (Norte de Minas Gerais e Bahia).

Os cinturões orogênicos são representados por faixas de dobramento ocorridos no Pré-Cambriano médio e superior. Essas morfoestruturas possuem características estruturais, genéticas, idade e macromorfológicas específicas como paralelismo de serras, intrusões ígneas associados aos dobramentos e grande variação altimétrica. O Cinturão Orográfico do Atlântico, de Brasília (Goiás-Minas Gerais) e do Paraguai-Araguaia (Mato Grosso - Goiás) são os exemplos brasileiros de morfoestruturas.

E por último as bacias sedimentares que apresentam gênese de formação, macromorfológicas e características genéticas específicas. As ações dos processos erosivos em diferentes fases climáticas foram atuando e configurando essas bacias. Em decorrência da movimentação das placas tectônicas e da diversidade dos processos erosivos ao longo do tempo em virtude das ações climática (biostasia e resistasia) atualmente essas bacias encontram-se em diferentes níveis altimétricos e de desgaste. São exemplos dessas morfoestruturas as bacias sedimentares do Paraná, Piauí-Maranhão, do Parecis, Amazônia e do Acre (ROSS e MOROZ, 1997).

Para o autor (*op. cit.*) a morfoescultura é associada aos produtos morfológicos de influência climática atual e pretérita. A morfoescultura é representada pelo modelado ou tipologia das formas geradas sobre diferentes morfoestruturas.

De acordo com Ross e Moroz (1997, p.16-17):

A morfoescultura é marcada por padrões de fisionomias de relevo desenvolvidas ao longo de muito tempo através das atividades climáticas que se sucederam no tempo e no espaço, que imprimiram e continuam a imprimir no relevo suas marcas. É, portanto a morfoescultura decorrente de um contínuo processo natural de esculturação por climas quentes e úmidos, secos e quentes, frios, temperados entre outros, e por sucessões alternadas destes dependendo de cada região do globo terrestre. (...) Assim sendo, a morfoescultura é produto climático de longa duração, agindo em determinada estrutura (litologia e seu arranjo estrutural).

Ross (1992) define morfoescultura como o fruto de ações climáticas subsequentes, representando um produto definido por processos morfogenéticos comandados por um determinado tipo climático.

O fator climático possui grande importância para o estudo da morfoesculturação,

pois é determinante para a formação do modelado do relevo. Para Christofolletti (1980, p.10) “o sistema climático que, através do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos, sustentam e mantém o dinamismo dos processos”. Nesse sentido, o clima possui extrema relevância para a formação da morfoesculturação, tanto de forma direta pela ação da oscilação da temperatura, da variação da umidade, intensidade da precipitação e ação eólica; como de forma indireta através dos solos e da ação da vegetação.

Ross e Moroz (1997) apresentam que a morfoestrutura e a morfoescultura são dimensões grandes do relevo, tanto os processos esculturais como os condicionamentos estruturais apresentam-se desde as grandes formas continentais até as micro formas do relevo terrestre. Em virtude disso, o autor (*op. cit.*) propõem uma classificação do relevo através de ordens taxonômicas calcada nas três categorias apresentadas anteriormente (geotextura, morfoestrutura e morfoescultura). A ordem taxonômica de Ross (1992) considera seis táxons distintos.

Em estudos realizados pelo autor (*op. cit.*) na área de ocorrência do Estado de São Paulo (Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo), tem-se que o primeiro táxon relaciona-se a Unidades Morfoestruturais representadas pelo Cinturão Orogênico do Atlântico, pela Bacia Sedimentar do Paraná e pelas Bacias Sedimentares Cenozóicas.

O segundo táxon refere-se as Unidades Morfoesculturais representadas por planaltos, serras e depressões contidas em cada uma das morfoestruturas, como por exemplo a Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista, contida na morfoestrutura da Bacia do Paraná, ou Planalto e Serra da Mantiqueira contida na Morfoestrutura do Cinturão Orogênico do Atlântico.

O terceiro táxon representa as unidades Morfológicas ou Tipos de Relevo, podendo ser apresentados pelo agrupamento de formas da agradação (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de dissecação). São unidades com diferentes padrões de forma que face suas características de rugosidade topográfica são extremamente semelhantes entre si, quanto altimetria, declividade e morfologias dos topos e vertentes. Essas Unidades Morfológicas são identificáveis em cada uma das Unidades Morfoestruturais e esculturais.

O quarto táxon relaciona-se com cada uma das formas encontradas no táxon anterior, correspondendo às tipologias do modelado (serras, colinas, morros), como formas aguçadas (a), convexas (c), tabulares (t), aplainadas (p), planícies fluviais (pf) e flúvio-lacustres (pfl). Dessa forma, um determinado padrão de topologia se distingue

numa área, onde prevalecem determinadas características morfológicas, morfométricas, genéticas e cronológicas, podendo ser identificados cada uma dessas características nas formas encontradas.

O quinto táxon corresponde às partes de cada uma das formas de relevo identificadas e individualizadas em cada um dos conjuntos de padrões de forma, podendo ser representada pelos tipos de vertente como os tipos convexos, côncavas, retilíneas e planas. Sendo assim, uma vertente classificada como convexa pode ser de diferentes extensões e inclinações face às características da forma maior (morro, serra, colina) e por sua vez do padrão dominante onde tal forma se insere. Corresponde ao tamanho médio dos interflúvios e grau de entalhamento dos canais, sendo representado por uma combinação de dois números de acordo com a tabela de “Índice de dissecação”.

Por último o sexto táxon que corresponde as formas menores produzidas pelos processos atuais ou por ação antrópica. São as formas produzidas ao longo das vertentes e são representadas por símbolos gráficos lineares de diversos tipos em função da forma e gênese.

A partir dos conceitos discutidos, Ross (1990) propõe uma metodologia baseada na análise de fragilidade do relevo, sendo desenvolvida através do levantamento, organização e elaboração de cartas temáticas capazes de promover uma leitura da paisagem, exigindo assim, a organização cartográfica dos dados referentes à geomorfologia, à geologia, à pedologia, aos índices de dissecação do relevo, aos dados pluviométricos e uso da terra. Para estudos de áreas com escalas maiores de 1:50.000, deve-se analisar também as formas de vertentes e as classes de declividade.

Para o autor (op. cit., p66) a escolha da análise de cada elemento apresentado possui um significado específico para a avaliação da fragilidade de determinado ambiente:

Assim os estudos dos solos prestam-se por um lado a avaliação da potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso) e de outro subsidia a análise de fragilidade do ambiente face às ações antrópicas ligadas a agro-pecuária. Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo/solo/rocha, as informações climáticas, sobretudo as de chuva (intensidade, volume, duração), também se prestam tanto para análise da potencialidade agrícola como para avaliação da fragilidade natural dos ambientes, a rugosidade topográfica do relevo (índice de dissecação) e declividades das vertentes bem como os levantamentos dos tipos de Uso da Terra (...) possibilitam chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Para a elaboração de cada carta temática deve ser hierarquizado cinco classes de fragilidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

Após a composição de todas as cartas para o estudo do meio natural e social, Ross (1994) propõe associar a fragilidade encontrada numa determinada área apresentada por algarismos numéricos que representam o grau de fragilidade. A relação desses algarismos estabelecido nas cartas temáticas desenvolvidas resultaria num conjunto de números que determina o produto final, a Carta de Unidades de Fragilidade Potencial.

A análise clinográfica da área de estudo apresenta informações importantes, pois interferem de forma direta o escoamento superficial e o transporte de matéria. A carta temática de declividade pode ser classificada em cinco classes, estabelecendo relação com as classes de fragilidade estabelecidos acima. (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes de declividade

| Classes de Fragilidade | Classes de declividade |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 – Muito Baixa | Até 6% |
| 2 – Baixa | De 6 à 12% |
| 3 – Média | De 12 à 20% |
| 4 – Alta | De 20 à 30% |
| 5 – Muito Alta | Acima de 30% |

Fonte: Ross (1994)

Os solos também são fatores determinantes na análise dos estudos de fragilidade, uma vez que suas características envolvem o relevo, a litologia, o clima, além das características físicas e químicas dos solos. Quanto a fragilidade dos solos, Ross (1994) classifica de acordo com o Quadro 2:

Quadro 2 – Tipos de Solos

| Classes de Fragilidade | Tipos de Solos |
|-------------------------------|---|
| 1 – Muito Baixa | Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho – Amarelo textura argilosa |
| 2 - Baixa | Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo textura média/argilosa |
| 3 - Média | Latossolo Vermelho – Amarelo, Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho – Amarelo textura média argilosa |
| 4 - Alta | Argissolo Vermelho – Amarelo textura média arenosa e Cambissolos |
| 5 – Muito Alta | Argissolo Vermelho, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico |

Fonte: Ross (1994), adaptado a nova classificação de solos da EMBRAPA

Outro fator apontado como de grande interferência na fragilidade ambiental é o uso e ocupação da área, sua cobertura vegetal e o grau de proteção dos solos, representado pelo Quadro 3:

Quadro 3 – Tipo de Cobertura Vegetal

| Grau de Proteção | Tipos de Cobertura Vegetal |
|-------------------------|--|
| 1– Muito Alta | Florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade |
| 2 - Alta | Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso), mata homogênea de Pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, silvicultura de eucaliptus com sub-bosque de nativas |
| 3 - Média | Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptus |
| 4 - Baixa | Cultivo de ciclo longo de baixa densidade com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto com cultivo em curvas de nível/terraceamento |
| 5 – Muito Baixa | Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, cultura de ciclos curtos sem práticas conservacionistas |

Fonte: Ross (1994)

Os dados relativos a dissecação de relevo são fundamentais no encaminhamento da metodologia proposta por Ross (1990) sendo elaborado uma matriz de dissecação do relevo (Quadro 4) onde escabele um cruzamento dos índices referentes a distância inter-

fluvial média e o grau de entalhamento dos canais.

Quadro 4 – Distância interfluvial média

| Grau de entalhamento dos canais | Distância interfluvial média | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------|--|
| | < 250m (1) | 250 – 750m (2) | 750 – 1750m (3) | 1750 – 3750m (4) | >3750m (5) | |
| Fraco (1) | 1.1 | 2.1 | 3.1 | 4.1 | 5.1 | |
| Médio (2) | 1.2 | 2.2 | 3.2 | 4.2 | 5.2 | |
| Forte (3) | 1.3 | 2.3 | 3.3 | 4.3 | 5.3 | |

Fonte: Ross (1994)

Oliveira (2003) propôs uma adaptação do método de Ross (1990) onde a obtenção do índice de dissecação do relevo é dada pela sobreposição dos índices de dissecação vertical e horizontal.

Os dados da dissecação horizontal são obtidos pela distância entre o talvegue e a linha cumeada, estabelecendo assim os índices de dissecação horizontal. (Quadro 5).

Quadro 5 – Índices de dissecação horizontal

| Classes de Fragilidade | Distância interfluvial média |
|------------------------|------------------------------|
| 1– Muito Alta | < 100 metros |
| 2 - Alta | 100 – 200 metros |
| 3 - Média | 200 - 400 metros |
| 4 - Baixa | 400 – 800 metros |
| 5 – Muito Baixa | > 800 metros |

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

Os dados de dissecação vertical são obtidos através da altura de rampa entre o fundo de vale e o divisor de água, como apresenta o Quadro 6.

Quadro 6 - Índice de dissecação vertical

| Classes de Fragilidade | Grau de entalhamento dos canais |
|------------------------|---------------------------------|
| 1– Muito Alta | Acima de 80 metros |
| 2 – Alta | 60 à 80 metros |
| 3 – Média | 40 à 60 metros |
| 4 – Baixa | 20 à 40 metros |
| 5 – Muito Baixa | 0 à 20 metros |

Fonte: Ross (1994)

A abordagem taxonômica discutida por Ross (1992) garante à sua proposta metodológica uma importância significativa na análise geomorfológica, uma vez que considera esse documento um importante instrumento no entendimento do desenvolvimento da paisagem, fundamental para o direcionamento das ações de diagnóstico e prognóstico.

O produto final, a Carta de Unidades de Fragilidade Potencial, consiste na síntese das informações obtidas nas cartas temáticas. Com a sobreposição das informações das cartas, é possível identificar áreas que apresentam graus de fragilidade semelhantes, podendo através de uma nomenclatura numérica selecionar e agrupar essas áreas.

3.3 - A Dinâmica Costeira

3.3.1 – Processos e Configuração de Formas

As regiões litorâneas situam-se em áreas de contato direto entre os fatores morfogênicos relacionados ao continente e ao oceano, tornando essas áreas naturalmente complexas do ponto de vista geomorfológico, pois nessas áreas além dos processos de erosão e sedimentação advindos do continente resultantes principalmente da ação do clima, há também os processos oceanográficos atuantes onde muitas vezes influencia os processos continentais, devido principalmente a variação da maré, atuação das ondas e correntes litorâneas. Além dos processos naturais, a ação antrópica também exerce forte pressão quanto ao uso e ocupação, aumentando a complexidade da dinâmica de funcionamento do meio natural. Sendo assim, justamente devido a complexidade natural das áreas litorâneas e a intensa intervenção antrópica é necessário estudar essas áreas como meio de contribuir nas ações de planejamento de uso e ocupação.

Os processos morfogênicos atuantes nas áreas de costa são responsáveis pela morfogênese litorânea, sendo controlados por diversos fatores ambientais. Para Muehe (1994) “entende-se como processos costeiros a ação de agentes que, provocando erosão, transporte e deposição de sedimentos, levam a constantes modificações na configuração do litoral”.

Segundo Christofletti (1979) pode-se dividir os processos morfogênicos litorâneos em geológico, climático, biótico e oceanográfico.

O fator geológico pode ser identificado nas costas de escarpas, onde as estruturas apresentam formas angulosas em relação ao litoral, as costas tendem a serem recortadas, já onde as estruturas apresentam certo paralelismo com o litoral, as costas geralmente são retas. A composição da litologia está relacionada com a capacidade dos processos erosivos atuarem de forma mais ou menos impactante, a depender da resistência dos materiais que compõem a rocha. As formas deposicionais são influenciadas pelo fator geológico devido representar a fonte de sedimentos transportados.

O fator climático possui grande importância devido controlar a meteorização dos afloramentos rochosos, que sofrem a ação dos processos físicos, químicos e biológicos, sendo fragmentado e decomposto, estando diretamente ligado ao tamanho dos materiais a serem transportados. Nas regiões quentes e úmidas, o intenso processo de erosão químico resulta na decomposição das formações rochosas, ocasionando o transporte de sedimentos de granulometria fina com poucos fragmentos grosseiros. Além disso, o vento apresenta função importante na morfogênese litorânea devido a construção de dunas costeiras e pela influência nas ondas e correntes, que juntamente com as marés, estabelecem padrões de circulação das águas marinhas nas zonas litorâneas e sub-litorâneas.

O fator biológico está intimamente relacionado com as condições climáticas e a pedogênese, pois condicionam a existência ou não de determinado tipo de organismo. Os organismos que se desenvolvem nas regiões litorâneas acarretam em processos erosivos através da escavação e transporte, ocasionando na degradação dos minerais das rochas ou facilitando a retenção dos sedimentos.

Por último, o fator oceanográfico influencia nos processos morfogenéticos através da salinidade das águas, das ondas, da maré e das correntes. A concentração da salinidade presente na água do mar acarreta num maior poder corrosivo dos afloramentos rochosos. Além disso, a salinidade da água também influencia na fauna e flora específicas da área, interferindo nos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos ao longo da faixa litorânea. Já as ondas são resultantes diretamente da ação dos ventos, já que quanto maior a velocidade do vento associado ao tempo de duração e a extensão da área influenciada pela ação eólica, maiores serão as ondas geradas. As ondas são responsáveis por transmitir energia adquirida dos ventos e executar grande parte do trabalho de esculturação das regiões litorâneas. Conforme as ondas se aproximam de áreas menos profundas a velocidade diminui devido o atrito com o fundo marinho e a altura aumenta até o momento em que a depressão da onda

atinge o assoalho causando a quebra da crista na linha de arrebentação. As ondas de arrebentação são responsáveis pelas maiores pressões nas encostas e são intensificadas por arremessar fragmentos rochosos que carrega contra as escarpas intensificando a abrasão. A influencia das marés ocorre associado a ação das ondas, já que a maré amplia a área de abrasão acarretado pelas ondas, e também é responsável pela deposição de sedimentos de acordo com a sua variação.

Para Muehe (1998) pode ser identificado três fatores oceanográficos que influenciam na conformação da paisagem litorânea. O clima de ondas se caracteriza como o principal processo da transformação costeira em curto e médio prazo sendo responsável pelo transporte de sedimentos na linha de costa. A energia das ondas e a intensidade de tempestades comandam a dinâmica dos processos de abrasão e acumulação de sedimentos sobre a zona costeira.

O transporte litorâneo é também responsável pela erosão costeira através da alteração de volume de sedimentos transportados paralelamente a linha de costa, que ocorre entre a zona de arrebentação e a linha de praia, com intensidade e sentido determinados pela altura e direção das ondas e pela orientação da linha de costa.

A amplitude de maré representa a variação da altura entre o preamar (cheia máxima da maré) e a baixa-mar (recoo máximo da maré) ocasionando a deposição de sedimentos, e também influencia na velocidade de correntes, sendo denominadas correntes de maré. Estas possuem um papel importante na morfologia da plataforma continental devido a capacidade dessas correntes transportarem grande quantidade de material. Além disso as correntes condicionam as morfologias dos cordões litorâneas e a formação de canais de maré associadas a altura das ondas ou amplitude da maré.

As formas de relevo das regiões costeiras podem ser associadas tanto a processos de deposição de sedimentos quanto a ação erosiva, dependendo do tipo de processo dominante. De acordo com Christofolletti (1979), quando ocorre o contato do oceano com uma costa escarpada é possível a esculturação de diversas formas, como através da abrasão provocada pelas ondas ocorre a fragmentação e desmoronamento da encosta gerando uma falésia. Esta é uma área localizada entre o contato do continente e o oceano, com declividades bem acentuadas e não coberta pela vegetação. Conforme a abrasão gerada pelas ondas nas falésias, estas recuam em direção ao continente, ampliando a superfície em contato com as ondas, sendo chamado terraço de abrasão. Os sedimentos erodidos das falésias são transportados e depositados em águas mais profundas denominado terraço da construção marinha, e associado com o terraço de

abrasão, formam um plano suave sujeito a ação da oscilação da maré.

As praias se constituem como um conjunto de sedimentos depositados ao longo do litoral que estão em constante movimentação, acumulados por ação de ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de ondas e marés. Os sedimentos podem ser constituídos por areias, cascalhos, seixos e elementos mais finos que a areia, porém, em geral, a areia se apresenta como sedimento dominante das praias. As praias se caracterizam pela inconsolidação de seus sedimentos e pelo constante processo de retrabalhamento da sua forma.

Segundo Christofolletti (1979, p103):

Por causa da movimentação rápida de seus sedimentos, as praias representam as formas perfeitamente ajustadas ao equilíbrio do sistema litorâneo no influxo de energia. As ondas de tempestades podem arrasar determinadas praias que, posteriormente, são refeitas pela constante e normal das ondas.

As restingas são formadas por faixas arenosas depositadas paralelamente à praia acima do nível normal da maré alta, e conforme se alongam no litoral, vão separando do mar parcelas de água que se transformam em lagoas litorâneas. A origem das restingas, segundo o autor (*op. cit.*, p. 104-105), pode ser explicada por duas teorias:

Uma assinala que as restingas se formam pelo transporte de areia por ondas dirigidas para a costa, através de águas rasas, admitindo que as sacas revolvem o fundo arenoso e a areia é depositada nos cordões arenosos pelas correntes de deriva e rebentação das ondas. A segunda explica que as restingas se formam através do transporte de areias efetuado pelas correntes longitudinais, sendo que tais sedimentos são originados pelo ataque erosivo nas saliências litorâneas.

As restingas também podem se formar de modo paralelo em relação ao mar sendo incorporadas à área de continente formando assim as planícies de restingas. Conforme as restingas se desenvolvem dificulta o curso dos rios em direção do mar, forçando-os a caminharem de acordo com a direção das restingas.

Segundo Martin e Suguio (1976) no Estado de São Paulo as restingas são encontradas ao longo de todo o litoral, porém na parte norte do litoral essas restingas possuem pequenas extensões devido ao contato quase contínuo da Serra do Mar com o oceano formando pequenas planícies, separadas por costões do embasamento cristalino. Em direção ao sul do litoral do estado de São Paulo o Planalto Atlântico recua para o continente possibilitando o desenvolvimento de planícies com maiores extensões e de maiores continuidades.

Para Fúlfaro, Suguio e Ponçano (1974) o estado de São Paulo pode ser dividido em três trechos com dinâmicas de formação distintas. O trecho de Caraguatatuba os processos de erosão e deposição são regidos por uma corrente paralela a costa vinda do norte, apresentando características de baías encurvadas em formas de bolso no sentido transversal a linha de costa.

O trecho de Iguape-Cananéia representa a área de maior desenvolvimento das planícies, caracterizado pela existência da Ilha Comprida e da Ilha de Cananéia separando dois canais principais que definem zonas lagunares.

O trecho da baixada santista apresenta grande extensão com várias formas geomorfológicas como praias, dunas, mangues e estuários. Nesse trecho as áreas de deposição quaternária, inicialmente em forma de enseadas, avançam para o interior acompanhando pequenos vales fluviais.

Suguio e Martin (1978) destaca que a formação das planícies na região de Santos está relacionada com a variação do nível do mar durante o Quaternário, que durante o período de transgressão marinha há 120.000 anos foram depositadas areias transgressivas em cotas variadas de 7 a 10 metros acima do nível do mar dando origem a Formação Cananéia. Conforme o mar foi recuando, chegando até a 110 metros abaixo do nível atual há 16.000 anos a.p., acarretando a erosão dessa formação através do entalhamento dos rios devido a mudança do nível de base.

Segundo Suguio *et. al.* (1985), há 5.150 anos a.p., durante a transgressão marinha denominada Santos, atingindo 5 metros acima do nível atual, ocasionou a erosão dos sedimentos da Formação Cananéia e durante a sua regressão, mais lenta em relação a transgressão Cananéia, possibilitou uma melhor seleção dos materiais depositando sedimentos mais finos que a Formação Cananéia. Nesse período de regressão marinha possibilitou a formação de lagunas e cordões litorâneos.

Tais processos nos permite salientar o nível de complexidade em que se organizam os processos de construção de formas em zona costeira nos remetendo a análise quanto a fragilidade e relação de impactos correlacionados com o uso do solo, tendo a necessidade de medidas que considerem planos de estudo direcionados a esta temática, tais como aqueles relacionados aos estudos de zoneamento ambiental.

3.4 - Mapeamento Geomorfológico

Para os estudos de zoneamento ambiental, a representação das formas de relevo

e dos processos geomorfológicos apresenta grande importância devido representar o espaço físico onde se desenvolvem as atividades humanas e por estabelecer uma reação frente às alterações provocadas pela ação de tais atividades. Desse modo, a representação cartográfica do relevo torna-se um instrumento relevante para o desenvolvimento do zoneamento ambiental.

A geomorfologia é responsável por identificar, representar e interpretar as formas de relevo e sua gênese, podendo assim propor modelos e representações que possibilitem a compreensão do meio físico. No entanto, os estudos geomorfológicos apresentam uma grande complexidade de entendimento, pois as formas e processos do relevo estão em constante modificação através de forças e atores que interferem na sua formação, dificultando a análise e representação dessa dinâmica de formação do relevo.

Como salienta Cunha *et al.* (2003), a cartografia geomorfológica constitui-se num tipo de mapeamento cuja complexidade reflete o próprio objeto de representação. O relevo apresenta uma diversidade de formas e de gênese que são geradas por complicados mecanismos que atuam no presente e que atuaram no passado.

Nesse sentido, Suguio (2000) discute que a geomorfologia deve fundamentar-se na identificação e descrição (geomorfologia descritiva) e, ao mesmo tempo, deve-se chegar às interpretações genéticas e evolutivas (geomorfologia evolutiva) das formas de relevo existentes em toda a superfície terrestre. Sendo assim, além de identificar e interpretar, a geomorfologia também deve se preocupar em confeccionar mapas que representem melhor as formas de relevo e sua evolução.

Dessa forma, o mapeamento geomorfológico representa um importante auxílio na representação e entendimento dos processos geomorfológicos justamente por possuir a capacidade de apresentar de forma mais concreta a visualização da paisagem, representando não somente as formas do relevo, mas também os processos que atuam constantemente na modificação dessas formas.

A Cartografia Geomorfológica, portanto, se constitui num importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como com a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades.

No entanto, Ross (1990) afirma que os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata – como as formas do relevo –, sua dinâmica e gênese. O solo, a

vegetação, a geologia e os recursos hídricos são mais facilmente representados pelo fato de apresentarem uma classificação taxonômica mais padronizada.

Para o autor (*op. cit.*) o mapeamento geomorfológico possui grande importância, num primeiro momento por representar de forma dinâmica os processos naturais presentes no relevo e em segundo por ser aplicável a muitos outros trabalhos ambientais, sobre tudo aqueles relacionados ao planejamento ambiental.

Muitas são as propostas existentes para a representação do relevo. A maior unanimidade entre elas refere-se à questão do conteúdo geral dos mapas, independentemente da maneira de representação gráfica, que geralmente provoca divergência entre as diversas tendências. Para Ross (1990) o que parece mais complicado é a questão relativa à padronização ou uniformização da representação cartográfica, pois ao contrário de outros tipos de mapas temáticos, não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos.

De acordo com Silva (2000) os estudos dos fatos geomorfológicos colaboram para o conhecimento da fisionomia e estrutura da paisagem e da dinâmica, de acordo com os níveis de percepção possibilitados pelos graus de resolução do registro dos sensores remotos e dos documentos cartográficos complementados por observações de campo.

Assim a geomorfologia pode representar em seu mapeamento diferenças altimétricas como fundos de vales e topos, áreas deposicionais como leitos de rios ou planícies aluviais, escoamento superficial conforme declividade e direcionamento da encosta, além de identificar e classificar as diferentes formas presentes no relevo como vertentes côncavas, convexas e retilíneas, drenagem e áreas de contato de diferentes domínios. Deste modo, o mapeamento geomorfológico serve tanto como um estudo detalhado da área pesquisada como uma ferramenta para o planejamento, uso e ocupação do solo, pois permite orientar o sentido de expansão da ocupação e minimizar danos para o meio ambiente e também para o próprio ser humano.

De acordo com Argento (1994) a atualização de tais mapas contribuirá, certamente, para a elucidação de problemas erosivos e deposicionais que, porventura, venham a ocorrer em áreas de grande extensão, assim como viabilizará, mediante entrecruzamentos com outros mapeamentos temáticos, a elaboração de cenários ambientais, como, por exemplo, áreas de instabilidade de taludes e de erodibilidade, e ainda áreas de risco de movimento de massa e inundação.

Além disso, os mapeamentos geomorfológicos representam tanto aspectos naturais do ambiente como aspectos sócio-espaciais, podendo dessa forma servir de apoio para outras áreas de pesquisa como é apresentado por Argento (1994) ao considera que a Geomorfologia serve de base para a compreensão das estruturas espaciais, não só em relação à natureza física dos fenômenos, como à natureza sócio-econômica dos mesmos. Pode-se compreender, então, o caráter multidisciplinar que a Geomorfologia apresenta. Nos projetos de gerenciamento ambiental ou até mesmo numa concepção mais integradora, como na de gestão do território, os mapeamentos em bases geomorfológicas têm sido priorizados e, geralmente, vêm acompanhados de legendas que servem para subsidiar decisões, em níveis pedológicos, climatobotânicos, planaltimétricos e batimétricos, como em nível do uso potencial do solo, tanto urbano, quanto rural.

Nesse sentido, os fenômenos geomorfológicos não possuem uma representação cartográfica definida ou padronizada, inexistindo um padrão para a confecção de mapas geomorfológicos. Conforme Argento (1994) no contexto operacional, os mapeamentos geomorfológicos ainda não seguem um padrão predefinido, tanto em nível de escalas adotadas, como quanto à adoção de bases taxonômicas a elas aferidas. Nesse ponto recai, essencialmente, a dificuldade de um critério padronizado para a elaboração de mapeamentos temáticos em bases geomorfológicas.

O conjunto e sobreposição de símbolos resultantes do mapeamento geomorfológico pode resultar em documento complexo dado a quantidade e complexidade das informações, o que requer critérios quanto a forma de representação cartográfica.

Dessa forma, por não existir uma padronização para a elaboração de mapas geomorfológicos, serão apresentados alguns exemplos de legendas utilizadas na elaboração de mapas.

No mapa geomorfológico do Estado de São Paulo apresentado por Ross e Morz (1997), a legenda adotada em sua grande maioria, foi aquela representada nos mapeamentos do Projeto RADAMBRASIL realizado durante as décadas de 70 e 80, que tinham como prerrogativas o mapeamento das feições geomorfológicas de diferentes cenários nacionais. Foram usados conjuntos de letras e números para representar as formas de relevo. As formas Denudacionais (D) são acompanhadas da informação do tipo modelado dominante como convexo (c), tabular (t), aguçado (a), plano (p), compondo-se os conjuntos Da, Dc, Dt, Dp, e as formas de Acumulação (A) seguidas do

tipo de gênese que as gerou, como fluvial (pf), marinha (pm), lacustre (pl), compondo-se conjuntos como Apf, Apm, Apl. Dessa forma, as representações cartográficas das formas de relevo são representadas por letras que designam a identificação e a origem das formas. As representações numéricas que acompanham as letras, como, por exemplo, Dt22, indicam o entalhamento dos vales e a dimensão interfluvial média ou densidade de drenagem respectivamente. Essa representação é bastante utilizada para escalas médias e pequenas, justamente por cobrir uma vasta área e não ser possível a identificação de detalhes como ação antrópica em margens de rios ou processos naturais como ravinas e voçorocas.

Para Silva (2000) os estudos de mapeamento seguem etapas de procedimentos que objetivam a:

- delimitação dos padrões homólogos de formas do modelado conforme a morfologia, topografia, posicionamento relativo e relações espaciais;
- reconstituição da origem e das etapas de evolução do relevo utilizando os testemunhos paleogeográficos;
- identificação dos processos morfogenéticos atuantes, suas naturezas e modalidades de atuação desencadeando os mecanismos de erosão, transporte e acumulação, corrosão, dissolução, alterações físicas e químicas das rochas;
- classificação dos fatos visando o mapeamento das unidades geomorfológicas conforme os níveis de aproximação possibilitados pela escala de trabalho.

Essas etapas de procedimentos contribuem para orientar a foto-interpretação dos condicionantes litológicos e estruturais das coberturas pedológicas e para a interpretação das ações dos processos morfogenéticos que representam a maior parte da energia disponível no sistema ambiental, exercendo um papel importante para a manutenção do equilíbrio dinâmico.

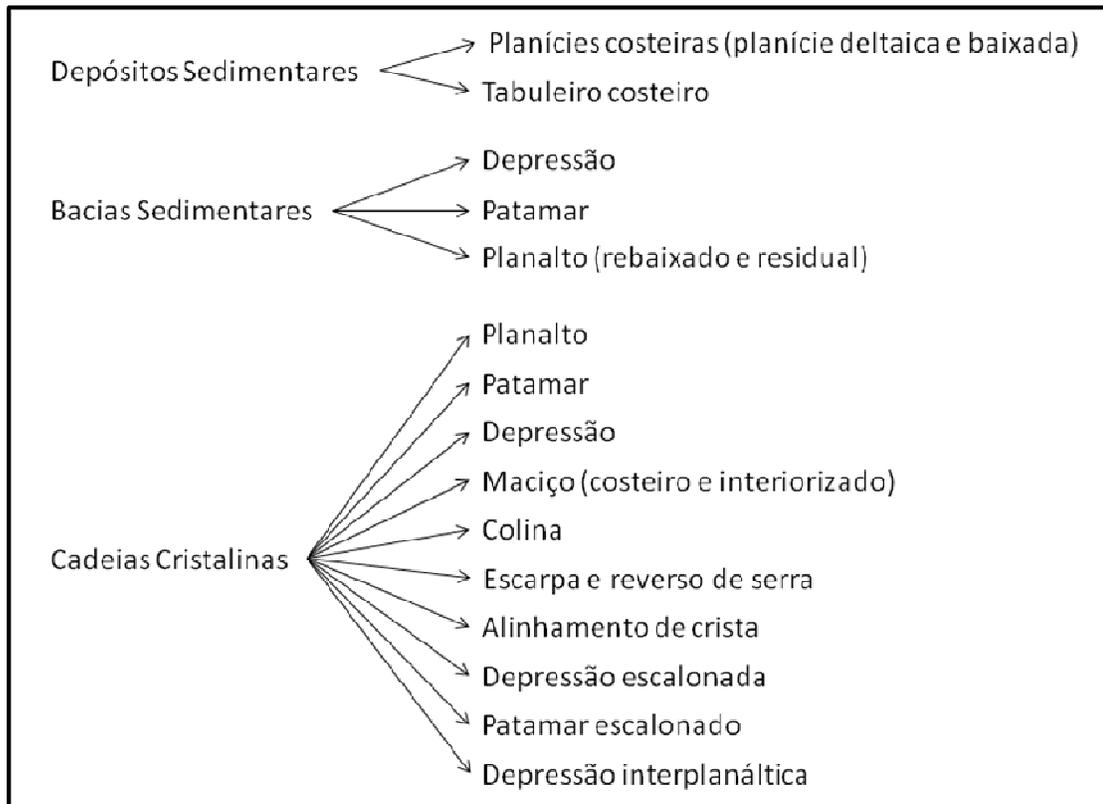
Para Silva (2000) o mapeamento geomorfológico constitui o produto da integração dos fatos e dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, suas naturezas e intensidades refletidas na topoestabilidade da paisagem.

Outra forma de orientação para a confecção de mapas geomorfológico é descrita por Argento (1994) onde ele estabelece legendas em função de dois níveis de

identificação do mapeamento em escalas iguais ou menores que (1:100.000), baseadas nos mapas geomorfológico elaborados pelo Projeto RADAMBRASIL - 1982. Primeiro em função das formas resultantes e em segundo em função das formas resultantes e dos processos geradores. Também evidencia um terceiro nível de mapeamento com legendas relativas a informações complementares.

O primeiro nível separa o relevo em três compartimentos e a partir desses compartimentos fazem-se subdivisões conforme Figura 4.

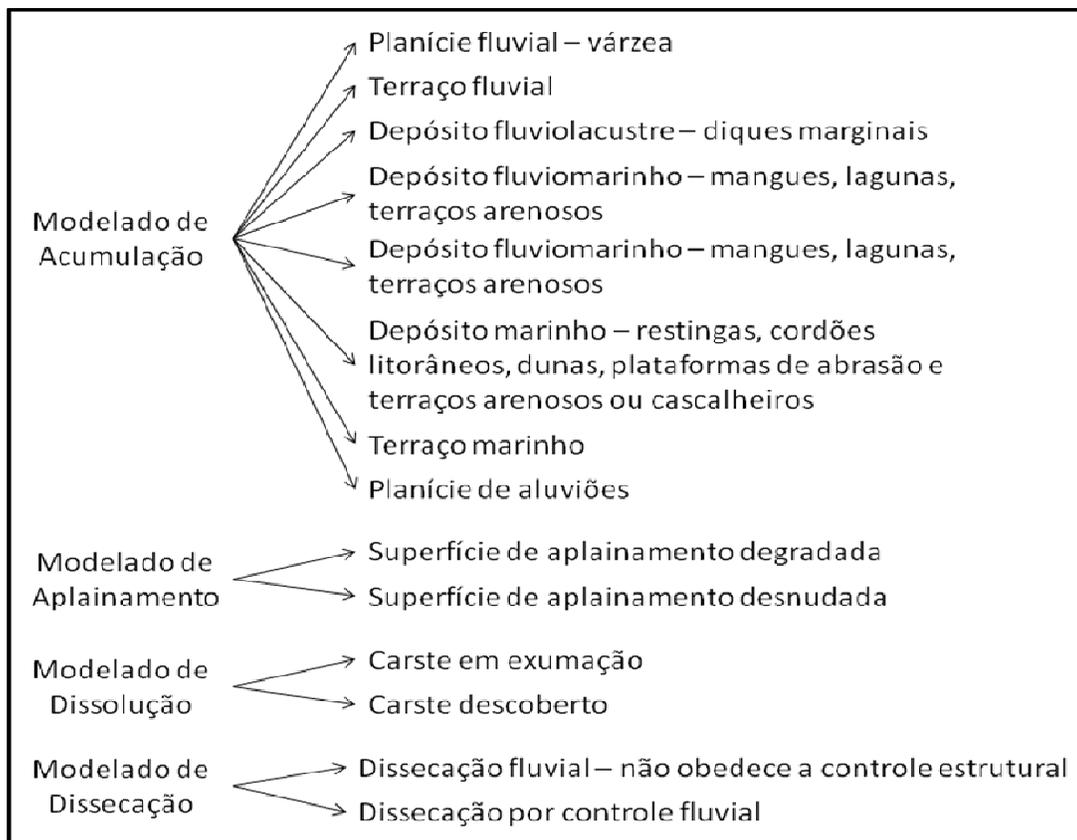
Figura 4 - Primeiro nível de identificação de mapeamento



Fonte: Argento (1994)

O segundo nível separa o relevo em quatro modelados e suas subdivisões como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Segundo nível de identificação de mapeamento



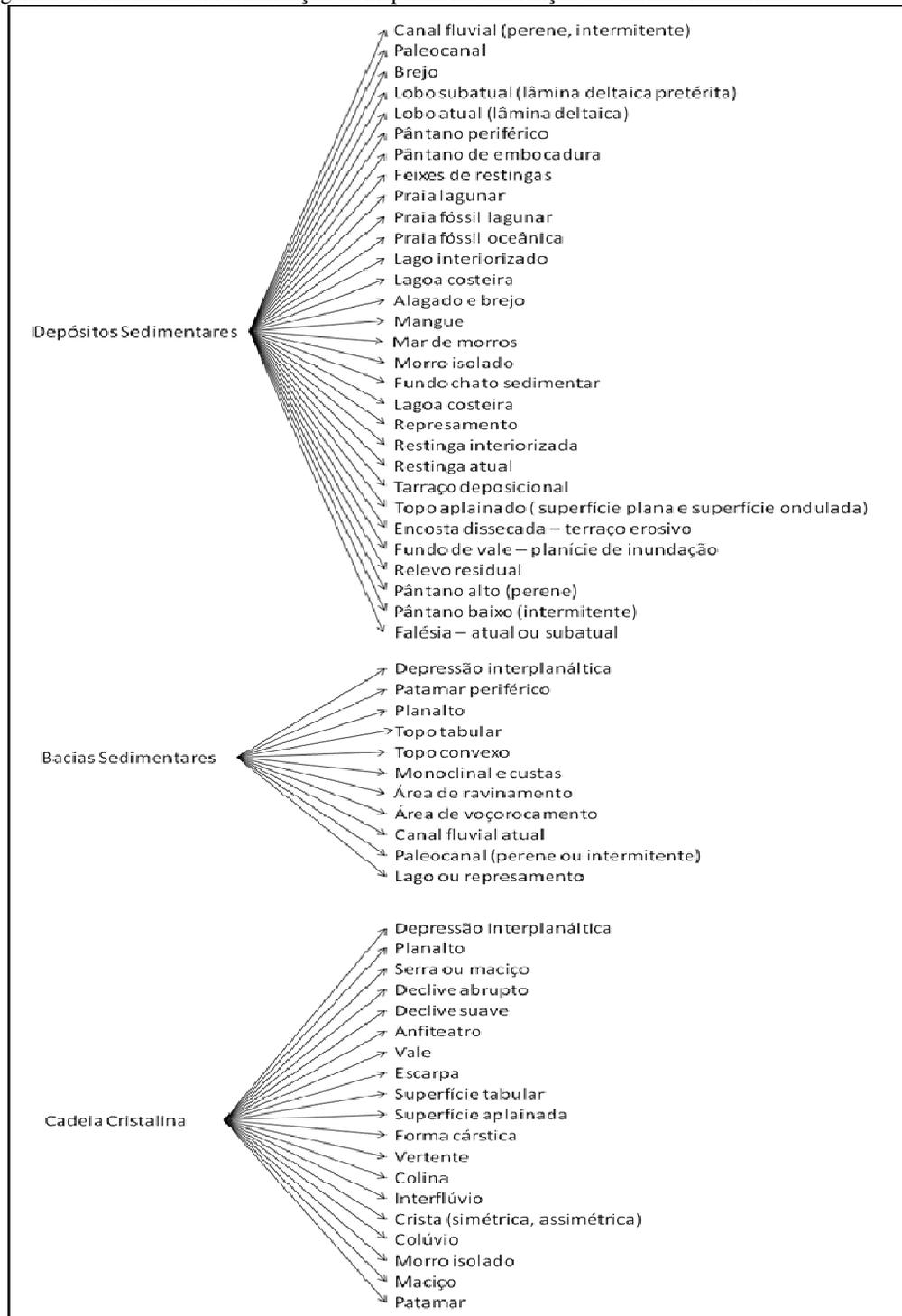
Fonte: Argento (1994)

Além desses dois níveis de identificação do mapeamento, ARGENTO (1994) estabelece ainda um terceiro nível complementar relativo a legendas para informações complementares, onde ressalta: drenagem de maior ordem, pontão, inselberg, morro testemunho, caos de blocos, crista simétrica, crista assimétrica, escarpa, ressalto, linha de cumeada, marca de paleodrenagem, colmatagem lacustre, depressão pseudocárstica, borda de terraço fluvial, dolina, sumidouro, canyon cárstico, borda de patamar cárstico, morro cárstico, borda de terraço marinho, recife, falésia, paleofalésia, dunas, cuevas, escarpas monoclinas, borda de estrutura elevada, borda de estrutura erodida, crista e borda de relevo dobrado, borda de anticlinal escavada, borda de sinclinal suspensa, marcas de enrugamento, facetas triangulares de falha, escarpas de falha ou de linha de falha, escarpa adaptada a falha, frente dissecada de bloco falhado, borda de patamar estrutural, vale ou sulco estrutural e limite definido de tipo de modelado.

Argento (1994) exemplifica possíveis legendas a serem aplicadas a mapeamentos geomorfológicos em mesoescalas (1:50.000), dividindo-as em dois níveis:

Primeiro nível em função das formas resultantes de acordo com a Figura 6.

Figura 6 – Primeiro nível identificação de mapeamento em função das formas resultantes.



Fonte: Argento (1994)

No segundo nível são apresentadas feições menores, como informações complementares e maior definição de formas (contorno), como pontão, inselberg, caos de blocos, crista simétrica, crista assimétrica, escarpa, ressalto, linha de cumeada, marca de paleodrenagem, colmatagem lecustre, depressão pseudocárstica, borda de terraço fluvial, dolina, sumidouro, canyon cárstico, borda de patamar cárstico, morro cárstico, dunas, borda de terraço marinho, recife, cuesta, escarpa monoclinal, borda de estrutura elavada, borda de estrutura erodida, crista e borda de relevo dobrado, borda de anticlinal escavada, borda de sinclinal suspensa, marcas de enrugamento, facetas triangulares de falha, escarpa de falha ou de linha de falha, escarpa adaptada a falha, frente dissecada de bloco falhado, borda de patamar estrutural, vale ou sulco estrutural, área inundada (ARGENTO, 1994).

Verstappen e Zuidam (1975, *apud* Cunha, 2003) afirmam que os mapas geomorfológicos podem ser mapas preliminares elaborados antes do trabalho de campo tendo como base a interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, mapas com fins gerais que resultam de investigações geomorfológicas pura e mapas com fins especiais que visam orientar ou resolver problemas específicos.

Para o autor (*op. cit.*) a elaboração da carta base representa a primeira fase da produção cartográfica através da integração dos dados topográficos com os litológicos da área, e na seqüência elaboram-se a estereoscópico de pares de fotografias aérea. Por último realiza-se trabalhos de campo a fim de verificar os dados auferidos na carta.

Para a elaboração de cartas geomorfológicas, Tricart (1965, *apud* Cunha, 2003) ressalta a importância de mapear informações sobre as formações superficiais, interpretando tanto o grau de resistência destas, como da litologia que as sustentam, procurando fornecer uma análise de todos os elementos do relevo.

Dentro das cartas geomorfológicas, o autor as divide em cartas de escala grande até 1:50.000 e cartas de escala pequena.

Para escalas grandes faz-se necessário a utilização de legendas mais detalhadas, que possibilitem a percepção de movimento e dinâmica que o relevo apresenta. Dessa forma, para a elaboração de mapas geomorfológicos de grande escala Tricart (1965) apresenta quatro tipos de identificação que considera necessário conter num mapa geomorfológico sendo: morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia.

A morfometria pode ser representada por uma base cartográfica que contenha curvas de nível e drenagem. Pode também apresentar hierarquia da rede de drenagem,

declividade, rebordos erosivos, altura das bordas de terraço e áreas de inundação.

Contudo, para não deixar o mapa muito “poluído” com números excessivos de detalhes é recomendado não detalhar todos os aspectos citados acima, devendo haver uma separação de acordo com a importância que o mapa deve conter. Dessa forma, é recomendável a representação mínima necessária para a confecção do mapa, sempre garantindo a legibilidade da carta para não cruzar informações e depreciar o trabalho.

A morfografia é representada por símbolos distribuídos pelo mapa a fim de identificar as formas existentes do relevo e ao mesmo tempo possibilitar a percepção dos processos que deram origem as formas atuais. Dessa forma, as feições geomorfológicas são representadas como estão presentes no relevo e como se formaram, além de possibilitar a visão da dinâmica que os processos naturais (e antrópicos) exercem sobre o relevo.

A morfogênese faz referência à origem de modelos exemplificada por símbolos usados para representar as formas. Esses símbolos devem ser agrupados conforme a gênese dos processos que representam, a fim de separar por origem de formação os símbolos representados no mapa.

A cronologia que é responsável pela representação histórica da morfogênese da área estudada e que pode ser dividida em cores de acordo com o tempo de origem de cada formação. Segundo Tricart (1965), esse último tipo de identificação é de extrema complexidade para a representação no mapa geomorfológico devido à dificuldade de identificação e mapeamento da origem e gênese das formas representadas.

Para o autor (*op. cit.*) é fundamental a representação nas cartas geomorfológicas dos dados referentes ao arcabouço estrutural, sendo divididos em dois níveis:

1. Feições estruturais que podem ser representadas através de símbolos;
2. Dados litológicos que podem ser representados por tramas coloridas, sendo as cores mais intensas e compactas representantes das litologias mais resistentes e as cores menos intensas e mais espaçadas representantes das litologias menos resistentes. Defini-se resistência da litologia a partir da revisão bibliográfica da área em estudo.

A confecção dos mapas geomorfológicos adquire importância e qualidade quando há o entrecruzamento dos dados obtidos através da interpretação e identificação da geomorfologia com o sistema de informações geográfico, a fim de melhor

representar as feições e processos do relevo.

O uso de meios como o *geoprocessamento* por experimentos estatísticos, a cartografia computadorizada, os mais variados *hardwares* e *softwares*, já existentes no mercado nacional e internacional, os diferentes usos do sensoriamento remoto e o emprego de Sistemas de Informações Geográficas – SIG revestem-se, hoje, de apoio fundamental para a elaboração de mapeamentos geomorfológicos. Com isso, vê-se ampliado, substancialmente, o poder pragmático da Geomorfologia, que se constitui, assim, em importante subsídio ao planejamento ambiental. (ARGENTO, 1994)

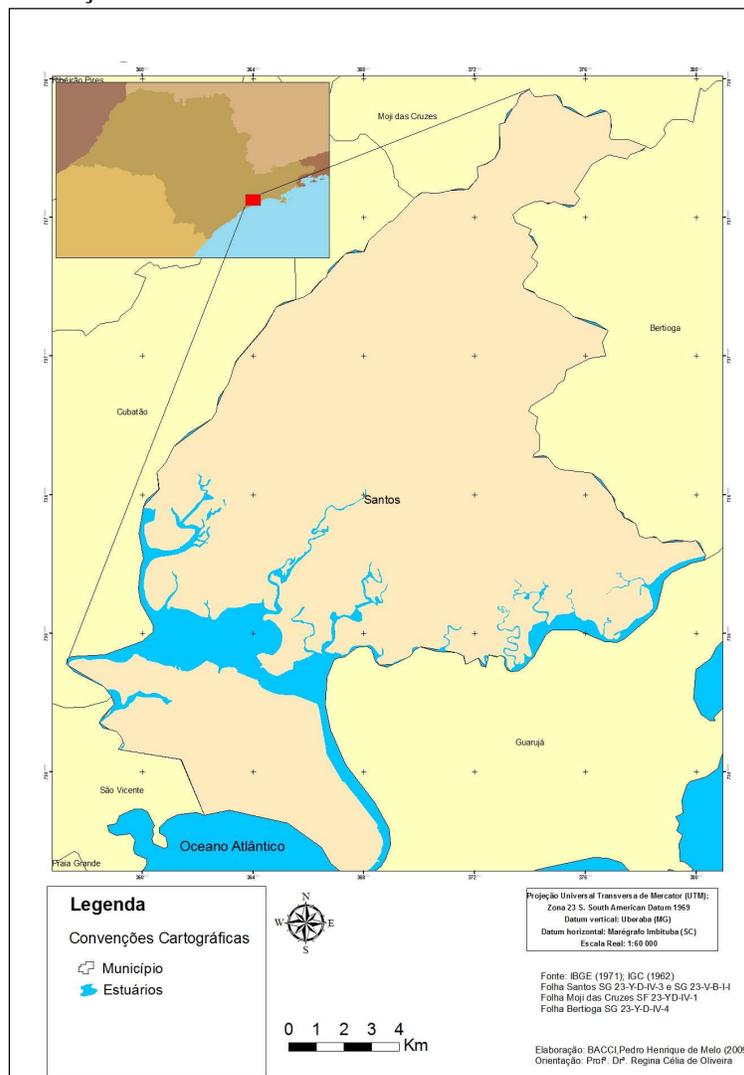
Se o geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de *dados* (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para transformá-los em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante, deve necessariamente apoiar-se em estruturas de percepção ambiental que proporcionem o máximo de eficiência nesta transformação. Uma destas estruturas é a visão sistêmica, na qual a realidade é percebida como composta por entidades físicas ou virtuais, os sistemas identificáveis, que se organizam segundo diversos tipos de relacionamentos, entre os quais ressaltam, para as investigações ambientais, as relações de inserção (hierarquia), justaposição (proximidade/contigüidade) e funcionalidade (causalidade). Segundo esta perspectiva a realidade ambiental pode ser, portanto, percebida como um agregado de sistemas relacionados entre si. (SILVA, 2000).

4 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DE SANTOS

4.1 – Localização e Breve Histórico da Área de Estudo

O município de Santos localiza-se no litoral do estado de São Paulo, mais precisamente no divisor entre o litoral norte e sul. Santos apresenta uma grande atividade portuária, apresentando uma população de 418.316 habitantes distribuídos por 280,3 Km², sendo 39,4 Km² de ilhas e o restante continental.

Figura 7 – Localização da área de estudo



A região da baixada da santista, onde o município de Santos está inserido, foi um dos primeiros povoamentos do Brasil colônia. A colonização da região iniciou-se com a expedição de Martin Afonso resultando em 1532 na criação da primeira vila do Brasil, Vila de São Vicente, localizada na ilha São Vicente onde atualmente se encontram as cidades de Santos e São Vicente. Inicialmente a região tinha como principal atividade econômica o cultivo de cana-de-açúcar.

Devido ao crescimento do povoamento da região, em 1546, Brás Cubas ao assumir o cargo de capitão mor da capitania de São Vicente, confere o estatus de Vila ao povoado de Santos. Apesar da elevação para Vila, a região da baixada santista não desfrutou de grande crescimento econômico, pois suas terras não eram apropriadas para o cultivo da cana-de-açúcar e também por estar longe dos grandes centros dos ciclos econômicos, como ciclo da cana e da mineração até o século XIX. Segundo Goldenstein (1972, *apud* Marion, 2008) com o fracasso das atividades agrícolas na Baixada, o porto de Santos tornou-se a principal atividade econômica a partir do século XVI, primeiramente de forma mais modesta e mais tarde como grande alavancadora da ocupação urbana e do desenvolvimento santista.

O desenvolvimento da capitania de São Paulo, a cidade de São Paulo apresentava crescimento por se apresentar como distribuidora de produtos, alavancando assim a atividade portuária de Santos donde os produtos eram importados.

Com o desenvolvimento da cultura cafeeira no interior paulista e a necessidade de escoamento da produção, a atividade portuária de Santos teve um forte crescimento permitindo o desenvolvimento urbano e a elevação da categoria de cidade em 1839. Ainda no século XIX, foi instalado as primeira ferrovias paulistas, como a São Paulo Railway que ligava Santos a São Paulo, prolongando-se até Jundiaí, conectando as áreas produtoras de café ao porto de Santos por onde eram escoadas.

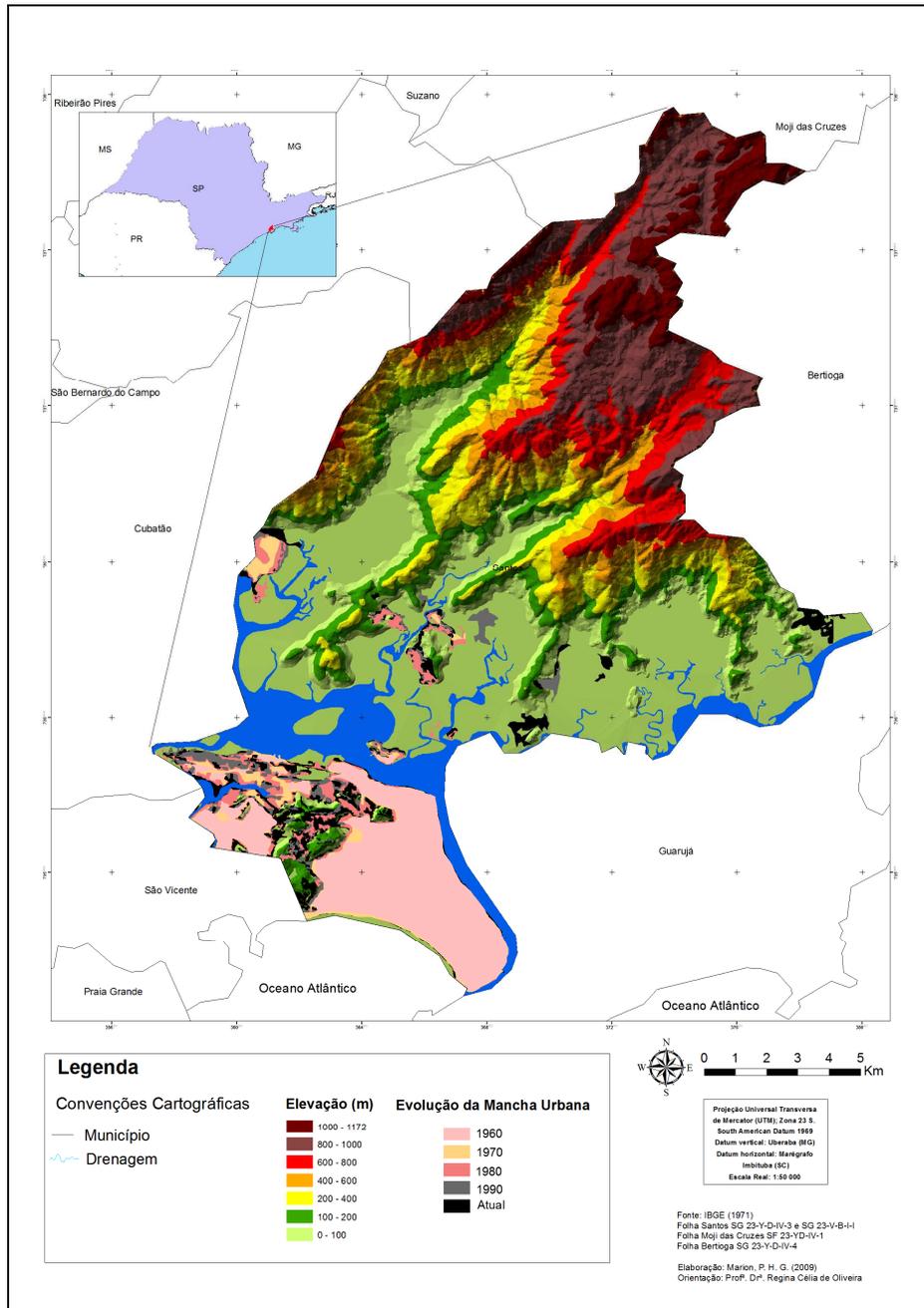
Com a construção do porto, inicia-se uma transformação urbana da cidade, marcando o fim das paisagens coloniais e o início da expansão do espaço urbano e, em 1892, ocorreu a inauguração do primeiro trecho organizado do porto, com 260 metros de cais, novos armazéns e uma linha férrea, causando um aumento da população e do comércio local.

Segundo Marion (2008), os planaltos, antigas áreas proletárias, passaram a ser ocupadas pela classe média por volta das décadas de 40 e 50, provocando um deslocamento da antiga população para outras partes da ilha, como os morros e as áreas de várzea, que se tornam grandes e densos bairros operários.

Com a abertura da Via Anchieta em 1947, criou-se um acesso extremamente rápido entre o Planalto Atlântico e a Baixada Litorânea, provocando um aumento do fluxo de carga e pessoas, transformando rapidamente a arquitetura local, que segundo Araújo Filho (1965, *apud* Marion 2008) mostra que em uma década as praias santistas foram cobertas por uma “muralha de arranha-céus” que transformaram a sua paisagem e gerou sérios problemas para a cidade. A função de veraneio gerou um grande progresso a cidade transformando a paisagem praiana santista em detrimento da substituição dos velhos palacetes e pensões por prédios e arranha-céus. O turismo, principalmente em épocas de alta temporada, é responsável por aumentar a população em quase cinquenta por cento, gerando diversos problemas e crises no abastecimento de água, alimentos e na circulação.

Na segunda metade do século XX, este processo de transformação da paisagem santista se intensificou devido ao aumento de vias de circulação entre o Planalto Atlântico e a Baixada Santista, como a construção da Imigrantes, duplicação da Anchieta e ampliação do porto. Além do aumento das vias de circulação, houve um incremento da produção industrial da região com a instalação do pólo petroquímico de Cubatão, servindo de atrativo para instalação de outros setores industriais, provocando um aumento da população local gerando um grande crescimento urbano e a ocupação desordenada do território, onde, segundo Marion (2008), nas últimas décadas pode-se observar a ocupação total da parte insular do município e a expansão do perímetro urbana para os sopés dos morros e da Serra do Mar. (Figura 8)

Figura 8 – Mapa da evolução da mancha urbana do município de Santos



Conforme pode-se observar, na década de 1970 a área ocupada era somente a da planície costeira e a partir dos anos seguintes têm-se a expansão gradativa para as encostas, morros e áreas de mangue, intensificando-se os processos erosivos. Em 2008, praticamente toda a área insular de Santos encontra-se urbanizada, sendo apenas algumas áreas de topos de morros que ainda encontram-se preservadas e sem a ocupação humana.

4.2 - Aspectos Fisiográficos

Em relação aos aspectos geomorfológicos, Muehe (1998), baseando-se na classificação proposta por Silveira (1964), propôs uma compartimentação do litoral brasileiro em 5 regiões e 19 macrocompartimentos.

Para delimitar os compartimentos o autor (*op. cit.*) estabeleceu dois parâmetros de diferenciação. O primeiro parâmetro são os condicionantes geológicos e geomorfológicos, como os alinhamentos estruturais e orientação da linha de costa; e a plataforma continental interna e a antepraia como parte integrante da zona costeira. O segundo parâmetro são os condicionantes oceanográficos, sendo estes o clima de ondas, o transporte litorâneo e a amplitude de maré.

O autor (*op. cit.*) divide o litoral em 5 regiões, sendo que o município de Santos localiza-se na região sudeste, no centro do litoral paulista, no divisor de macrocompartimento entre o litoral norte e sul. A região de Santos fica exatamente entre o Macrocompartimento Litoral das Escarpas Cristalinas Norte que se estende desde a Ilha de Marambaia, no estado do Rio de Janeiro, até São Vicente, município vizinho de Santos; e o Macrocompartimento Litoral das Planícies Costeiras e Estuários, estendendo-se de São Vicente à ponta do Vigia, em Santa Catarina.

Segundo o autor (*op. cit.*) o Macrocompartimento Litoral das Escarpas Cristalinas Norte é caracterizado por um litoral de aspecto afogado, com inúmeras ilhas e com a escarpa da Serra do Mar formando a linha de costa, que se apresenta com uma sucessão de pequenas enseadas e planícies costeiras, sendo a maioria delas de pequena expressão.

Fulfaro e Coimbra (1972, *apud* Muehe, 2001) identificaram duas áreas morfológicamente distintas. A área norte situa-se na divisa do estado do Rio de Janeiro até a ponta de Boracéia, podendo ser caracterizada por pequenas praias de enseada com comprimento de 2 à 4 Km de extensão, separadas por pontões do embasamento cristalino. A área sul da ponta de Boracéia até São Vicente caracterizam-se por apresentarem planícies costeiras mais contínuas, com tendência a retificação da linha de costa, sendo interrompida somente pela Ilha de Santo Amaro representando o trecho de transição para o outro macrocompartimento.

O Macrocompartimento Litoral das Planícies Costeiras e Estuários pode ser caracterizado como um litoral retificado de longos arcos de praias, com largas planícies costeiras e importantes estuários como o de Santos.

Ab'Sáber (2006) elabora uma setorização do litoral do Brasil e identifica a região onde se encontra o município de Santos como Setor Baixada Santista e Ilhas de São Vicente e Santo Amaro. Esse setor representa o limite sul do Litoral Norte do estado de São Paulo, com aumento das faixas de sedimentação. A região apresenta sítios urbanos insulares de Santos São Vicente e Guarujá e, na baixada santista, uma faixa anastomosada de cidades, núcleos industriais e bairros dormitórios, em exagerada e incontrolável expansão. A área apresenta manguezais estuarinos projetados para a retroterra de maciços insulares e baixadas de antigas planícies deltaicas residuais.

Almeida (1964) define a Província Costeira como a área do Estado de São Paulo que possui a sua drenagem voltada diretamente para o mar, constituindo o rebordo do Planalto Atlântico, sendo identificado como uma região de serrania contínua, que próximo ao mar cede lugar para uma seqüência de planícies de variadas origens. A Província Costeira pode ser dividida em duas zonas, a da Serrania Costeira e a da Baixada Litorânea. A zona da Serrania pode ainda ser dividida em duas sub-zonas, a da Serra do Mar e a da Serra de Paranapiacaba.

O município de Santos localiza-se sobre a subzona Serra do Mar e a zona da Baixada Litorânea. Na subzona Serra do Mar as escarpas recuam em relação a linha de costa, o frontão serrano desfaz-se em cristas paralelas apresentando grandes altitudes (acima de 800 metros) e intensa força erosiva com rios bem entalhados. As rochas graníticas mais resistentes sustentam as proeminências da frente serrana, assim como os relevos mais ou menos isolados na planície, como os morros de São Vicente e da Ilha de Santos Amaro. De acordo com o autor (*op. cit.*, p.57) “por toda parte, nessas escarpas, fazem-se os efeitos de movimentos rochosos em massa, do espessa manto de decomposição, seja com rastejamento ou deslizamento...”.

A zona da Baixada Litorânea apresenta-se como terrenos poucos elevados atingindo por volta de 70 metros de altitude dispostos em áreas descontínuas. Pode ser identificado planícies de restingas elevadas e grandes extensões de manguezais, sendo atravessada por numerosos canais que a dividem em ilhas.

IPT (1981) aprofundou a classificação proposta por Almeida (1964), estabelecendo novas sub-zonas e identificando sistemas de relevo para gerar um mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo em escala 1:1.000.000, estando o município de Santos localizado parte sobre a sub-zona Serra do Mar pertencente a zona de Serrania Costeira; e parte sobre a zona Baixada Litorânea.

A sub-zona Serra do Mar coincide numa faixa de extensão de encostas

escarpadas sendo caracterizada por uma zona de transição entre o Planalto Atlântico e a Baixada Litorânea, desde a Serra da Bocaina próximo a divisa do estado do Rio de Janeiro, até a região de Peruíbe. Dentro do município de Santos pode ser identificado dois sistemas de relevo escarpado e um sistema de relevo de morro na zona de Serrania. Segundo IPT (1981) esses sistemas de relevo possuem as seguintes características:

- Escarpa Festonadas – desfeita em anfiteatros separadas por espigões, topos angulosos, vertentes com perfil retilíneos, drenagem de média densidade com padrão sub-paralelo a dendrítico, vales fechados.
- Escarpas com Espigões digitados – Composta por grandes espigões lineares sub-paralelos, topos angulosos, vertentes com perfil retilíneo, e drenagem de alta densidade, padrão paralelo-pinulado, vales fechados.
- Morros isolados – topos arredondados, vertente ravinadas de perfil convexos a retilíneos, drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados ocorrendo de forma isolados nas planícies costeiras.

Outra parte do município se encontra sobre a zona Baixada Litorânea que possui dois sistemas de relevo:

- Planícies Costeiras – terrenos baixos e mais ou menos planos próximos ao nível do mar, com baixa densidade de drenagem com padrão meandrântico, como formas subordinadas ocorrem cordões (praias e dunas).
- Mangue – Relevos baixos, quase horizontais ao nível da oscilação de mares, caracterizado por sedimentos tipo vaza (lama) e vegetação típica, drenagem com padrão difuso.

Para Ross e Moroz (1997), o município de Santos encontra-se sobre duas unidades morfoesculturais distintas. Parte do município está sobre a Unidade do Cinturão Orogêneo do Atlântico e outra parte na Unidade da Bacia Sedimentar Cenozóica/Depressões Tectônicas.

Na primeira unidade citada, destaca-se, a unidade morfoescultural Escarpa /Serra do Mar e Morros Litorâneos, apresentando variação altimétrica de 10 a 1000 metros e declividades superiores a 30%. Nesta unidade a drenagem apresenta um padrão dendrítico, adaptado as direções de falhas e fraturas das estruturas. Os solos mais dominantes são Cambissolos, apresentando também afloramentos rochosos. Em relação a litologia, encontra-se granitos, migmatitos, gnaisses e micaxistos.

O autor (*op. cit.*) diz que por ser uma unidade com formas de dissecação muito intensas, com vales de grande entalhamento, com alta densidade de drenagem e

vertentes muito inclinadas, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial muito alto, estando sujeita a processos erosivos plúvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

Já na unidade Morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas, o município de estudo encontra-se situado na Unidade Morfoescultural das Planícies Litorâneas Santistas, apresentando baixa altitude (no máximo 20 metros), solos do tipo Gleissolos, declividade muito pequena (inferior a 2%) e, a respeito da litologia, encontra-se sedimentos marinhos e fluviais inconsolidados (areias, argilas e cascalhos). Essas áreas constituem-se basicamente pelas formas de relevo do tipo planície, terraços marinhos e campos de dunas.

De acordo com o autor (*op. cit.*) esse conjunto de formas decorre de uma complexidade de processos morfogenéticos, onde as interações de atividades construtivas e destrutivas das águas oceânicas ao longo da faixa litorânea se confrontam com as influências das águas continentais, também construtoras e destruidoras de formas e depósitos eólicos, que também exercem importante papel de remobilização dos sedimentos marinhos.

Dessa forma, essas áreas litorâneas possuem potencial de fragilidade muito alto por serem áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações constantes.

Em termos geológicos, segundo IPT (1981) o município de Santos encontra-se sobre duas grandes unidades geológicas: o Embasamento Cristalino e a Cobertura Cenozóica. No Embasamento Cristalino é identificado o Complexo Costeiro e o Grupo Açunguí.

O complexo Costeiro está distribuído ao longo da zona costeira do estado de São Paulo, tendo seu limite ao norte o Grupo Açunguí através da falha de Cubatão, a leste pelo alinhamento de Além-Paraíba e ao sul nos arredores do município de Iguape. O Complexo Costeiro é uma unidade bastante heterogênea, apresentando relações entre as litologias não muito bem esclarecidas, com predominância de rochas migmatíticas que se espalham por toda a área de afloramento do complexo. Dentre as rochas predominantes, o IPT (1981) destaca xistos, gnaisses, quartzitos e migmatitos.

O grupo Açunguí constitui a mais extensa unidade do Pré-Cambriano paulista e possui formas alongadas que se estende desde o estado do Espírito Santo até o Paraná, atravessando o estado de São Paulo na porção E-SE, onde é delimitado ao sul pela falha de Cubatão e alinhamento Além-Paraíba e ao norte pelas falhas Taxaquara, Monteiro

Lobato e Jundiuvira, tendo como litologia predominante um conjunto de xistos

As Coberturas Cenozóicas encontrada na área do município de Santos relaciona-se com a Formação de Cananéia e Depósitos de Baixos Terraços Marinhos, Dunas, Mangues, Aluviões e Coluviões.

A Formação Cananéia estende-se desde a região de Iguape, no extremo sul do litoral paulista, até Ubatuba, litoral norte do estado. Segundo IPT (1981), ela é caracterizada pelas areias inconsolidadas, de extrema uniformidade granulométrica, com 80% dos grãos situados no intervalo de areia fina (0,25 a 0,125 mm). Esta unidade corresponde a um depósito arenoso em lençol formado em fase de regressão marinha. São encontrados na Formação Cananéia camadas arenosas com argilas subordinadas, argilas siltosas, areias siltosas e areias inconsolidadas bem selecionadas.

Fúlfaro, Suguio e Ponçano (1974) associam a Formação Cananéia aos avanços e recuos do nível marinho ligado às variações glácio-eustáticas do Quartenário, e ao avanço do nível do mar que elevando progressivamente o nível de base regional, vai dando origem a depósitos transacionais compostos predominantemente por arenitos argilosos que passam a depósitos de ambientes francamente marinhos, ocupando todas as partes baixas das planícies anteriores.

Os Depósitos de Baixos Terraços Marinhos, Dunas, Mangues, Aluviões e Coluviões caracteriza-se por possuir sedimento arenosos e areno-argiloso, dispostos em baixos terraços marinhos, tendo predomínio destes depósitos nas coberturas cenozóicas encontradas no município. Os sedimentos arenosos estão dispostos em estruturas de cordões de regressão em superfície, não ultrapassando alguns poucos metros, já que, para Suguio Martin, (1978, *apud* IPT 1981) esses sedimentos foram depositados discordantemente sobre os sedimentos da Formação Cananéia durante um evento transgressivo holocênico, denominado Transgressão de Santos, e teve uma oscilação por volta de cinco metros. Esses depósitos arenosos podem ser envolvidos por campos de dunas. Os manguezais, segundo IPT (1981, p.86 e 87):

(...) distribuem-se discontinuamente ao longo da costa paulista, associando-se às desembocaduras de rios e canais estuarinos. Suas mais extensas áreas de ocorrência acham-se ligadas ao Ribeira do Iguape e ao Complexo Estuário Santista. (...) constituem-se de sedimentos lamosos característicos, com boa contribuição de biodetritos. Formam-se por agregação de material fino depositado basicamente em consequência das oscilações de maré (...).

Os aluviões são reconhecidos sob a forma de terraços fluviais com cascalheiras elevadas em torno de cinco a oito metros, sendo formados por areias, lentes de argila e cascalho, por vezes com estratificação cruzada. Já os coluviões ocorrem na meia encosta e nos sopés da Serra do Mar, apresentando alta variação granulométrica dispostos em talos e rampas, e, segundo o autor (*op. cit.*), esses materiais estão sujeitos a escorregamentos.

Os solos predominantes na área do município de Santos, segundo IAC (1999), são os Gleissolos encontrados quase totalmente na parte insular do município e Cambissolos localizados nas áreas de Serra do Mar.

Os Gleissolos apresentam sérias limitações pela presença de lençol freático a pouca profundidade, a areação inadequada aumentando a resistência da difusão dos gases do solo para a atmosfera, consumindo rapidamente o oxigênio do solo pelos microorganismos e plantas inibindo o crescimento de raízes. São solos constituídos por materiais minerais, com horizonte glei dentro dos primeiros 100 cm da superfície. Os Cambissolos são solos constituídos por material mineral apresentando horizonte A com espessura inferior a 40 cm seguido de horizonte B incipiente.

Quanto ao aspecto relacionado a vegetação, a de se considerar que a área do município de Santos está localizada numa região de transição entre o oceano e o continente, podendo ser identificados zonas de planícies com áreas alagadiças de deposição sob influencia fluvio-marinha; e zonas serrania formando uma barreira orográfica ocasionando alto índice pluviométrico.

Devido ao alto índice pluviométrico, diferenças topográficas e influências marinhas, pode ser identificado, segundo Andrade e Lamberti (1965), diversos habitats na região de Santos, sendo caracterizados pelos diferentes tipos de vegetação que neles ocorrem, podendo ser identificado quatro zonas que compõem diferentes tipos de vegetação: zona do litoral arenoso, zona do brejo de água doce, zona do mangue e zona dos morros e escarpas da Serra do Mar.

Dentro da zona do litoral arenoso, pode-se distinguir duas subzonas, a de vegetação das dunas que representa a zona de praia voltada para o lado do oceano que está coberta com uma diversidade de plantas pioneiras e halofitas, e sua delimitação referente ao lado da praia está vinculado com a variação de maré.

Segundo o autor (*op. cit.*, 1965, p157-158):

Na zona mais externa a esta área aparecem, primeiramente, alguns representantes esparsos da espécie mais importante da associação: *Philoxerus portulacoides* (*Iresine portulacoides*). Um pouco mais para o interior encontramos uma faixa de espessura variável com *Spartina ciliata*, sendo esta juntamente com *Philoxerus* as principais plantas pioneiras em toda a costa do Estado. (...)

Essas plantas pioneiras têm as características especiais em comum: (1) são todas estoloníferas ou rizomatosas, capazes não somente de formar um sistema radicular extenso, mas de crescer para cima e para os lados através de depósitos recentes de areia, elevando-se segundo as necessidades; e finalmente (2) todas as espécies de plantas pioneiras são tolerantes á exposição contínua aos fortes ventos do mar carregados de borrifos salgados. São, portanto, *psamófitas* e *halófilas*.

A vegetação das restingas localiza-se posteriormente a faixa de dunas, mais para o interior da praia, podendo chegar até o sopé da Serra do Mar. Em comparação com a vegetação das dunas, apresenta uma cobertura vegetal mais densa e desenvolvida, sendo formada principalmente por arbustos e árvores perenes que não ultrapassam os 15 metros. Esse tipo de vegetação apresenta uma ligação com a vegetação que ocorre na Serra do Mar e em pequenos morros do litoral devido a um grande número de espécies da serra invadir as áreas de restinga, dificultando a delimitação do limite entre essas duas zonas. Essa subzona sofre um processo de alteração devido a implantação de outras espécies, como bananeiras, e em menor escala hortaliças.

A vegetação que corresponde aos brejos de água doce é encontrada em depressões brejosas de água doce, tendo como característica a inundação dessas áreas durante a época de chuvas, além de situar-se entre pequenas lagoas e riachos.

As áreas de Mangues são caracterizadas por terrenos baixos, praticamente horizontais, ao nível de oscilação das marés, caracterizadas por sedimentos tipo vasa (lama e vegetação típica). Sua drenagem possui um padrão difuso. A ocorrência de áreas de mangues segundo Walsh (1974, apud ROSS-1997), está intimamente associada a cinco condicionantes básicos:

- 1 - as temperaturas tropicais e a amplitude térmica anual baixa, em torno dos 5 °C.
- 2 - substrato aluvial onde predominem materiais finos (silte, argila e matéria orgânica).
- 3 - Áreas de baixa energia, caracterizadas pela ausência de ventos fortes e marés violentas
- 4 - Presença de água salgada, uma vez que por serem as espécies de mangue “halofitas facultativas”.
- 5 – Grande amplitude de maré, associada a uma baixa de declividade do terreno.

A vegetação de mangue se desenvolve na combinação desses fatores, além do

baixo teor de oxigênio no solo. Durante a maré alta pode ser observado as copas das árvores e arbustos, e na maré baixa aparece os emaranhados das raízes pneumatóforas e também as plantas mais jovens. A vegetação dos mangues se adapta a esse ambiente inóspito desenvolvendo um sistema radicular, que funciona não só para aumentar a superfície de sustentação da planta, como também oferecer maior área para as trocas gasosas.

A vegetação da zona dos morros e escarpas da Serra do Mar é considerada, segundo Santos (2004), como uma floresta tropical úmida caracterizada como Mata Atlântica e cientificamente denominada Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica de Encostas. Esse tipo de floresta ocorre essencialmente sobre relevo montanhoso, entre 50 a 1500 metros de altitude, apresentando grande diversidade florística com árvores podendo atingir 30 metros de altura e suas raízes se encontram superficial e subsuperficial de forma intensa e densa. Apresenta um corpo florestal denso com copas contíguas, com interior úmido, abafado e sombreado e um manto de restos de vegetais que recobre o solo. No interior da mata pode ser encontrado grande variedade de samambaias, bromélias e orquídeas. É considerada uma floresta muito rica em biodiversidade.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando o exposto acima, optou-se neste trabalho pela aplicação da Abordagem Sistêmica considerando que esta atende as expectativas da análise metodológica proposta por este trabalho.

O trabalho foi baseado na metodologia proposta por Ross (1990, 1994) dividido em quatro etapas. A primeira etapa consiste na definição do objetivo e na delimitação da área de estudo considerando a escala a ser adotada para o desenvolvimento do trabalho. A delimitação da escala possui uma grande importância, pois é através da escala adotada e do funcionamento e características da área de estudo considerando a teoria dos geossistemas, que serão definidos os procedimentos das etapas posteriores, como o produto cartográfico a ser produzido, sob a escala de análise considerada pertinente para a representação cartográfica. Esta etapa é denominada pelo autor (op. cit.) como Fase de Organização.

A segunda etapa consiste na Fase de Inventário, onde se elabora um levantamento do quadro natural e socioeconômico, para na seqüência fazer uma relação dos dados obtidos a fim de melhor caracterizar a área de estudo, buscando o detalhamento da dinâmica de funcionamento do meio com a intervenção antrópica.

A terceira fase, Análise e Diagnóstico, corresponde a etapa da pesquisa em que é considerado a definição dos parâmetros que conduzirão a elaboração do material cartográfico preliminar que considere a construção de um acervo cartográfico do meio físico que venha apontar a dinâmica de funcionamento dos sistemas ambientais, tanto quanto ao quadro que represente os cenários relacionados ao uso e ocupação das terras.

A correlação e análise da documentação preliminar possibilita a construção de um diagnóstico e produção da documentação cartográfica síntese exemplificado na carta de Fragilidade Potencial da área de estudo.

Por fim, a fase propositiva consiste na definição de estratégias e mecanismos de gestão, através de instrumentos jurídicos, monitoramento, controle e regulação das ações na área de estudo, levando em consideração os níveis de fragilidade.

Em razão a última fase exigir a presença do poder público como ator principal da execução do zoneamento e a inviabilidade de uma parceria com este para a execução desta fase, o trabalho atingirá até a produção da Carta de Fragilidade Potencial.

Para melhor execução do método proposto por Ross (1994), foi adotado, do

ponto de vista operacional, as etapas propostas por Libault (1971), quando são considerados quatro níveis de estruturação processual no estudo da paisagem geográfica: nível compilatório, correlativo, semântico e normativo.

Para Ross (1990, p. 32):

(...) Libault (1971) apresenta uma proposta metodológica genérica, e aplicável, portanto, a diferentes segmentos de pesquisa (...) pode perfeitamente ser empregada para pesquisas de qualquer conteúdo que seja de natureza geográfica.

Embora o conceito de fragmentação resulte, via de regra, em uma abordagem setorial da paisagem, o autor chama a atenção para o fato que, para os estudos de planejamento, embora a metodologia proponha uma seqüência de ações, a leitura e análise dos atributos devem obedecer a uma interação, em que a lógica e os objetos devam alicerçar a organização das etapas propostas pela metodologia; portanto, a análise da paisagem não deve ser interpretada como algo estático e dissociado do todo.

O chamado nível compilatório compreende a primeira etapa apresentada pela metodologia e corresponde àquela em que se realiza o levantamento da documentação e dos dados referentes ao tema e/ou área de pesquisa.

Nessa etapa é essencial a definição precisa dos objetivos da pesquisa, para se conduzir a busca de informações que subsidiarão as análises seguintes. Sendo assim, a hierarquização na organização dos dados levantados deve priorizar aqueles fundamentais ou indispensáveis, e os complementares, ou seja, os que trazem contribuição, mas não são indispensáveis aos objetivos da pesquisa.

Uma vez compilados os dados, inicia-se a segunda etapa da metodologia, o nível correlativo, quando são efetuadas as correlações e análises das informações levantadas, resultando na elaboração de documentos cartográficos preliminares.

Nessa etapa a abordagem quantitativa pode ganhar atenção singular na medida em que se aliam as relações lógicas (matemáticas) ao raciocínio convencional, com a correlação não quantitativa das observações da natureza ou das constatadas na análise cartográfica. O resultado final dessa fase da metodologia é um diagnóstico preliminar.

O nível semântico ou interpretativo corresponde à terceira etapa da metodologia, quando se efetiva a análise do diagnóstico e se apresentam medidas para equacionar os problemas levantados.

A última etapa da pesquisa é o nível normativo, que visa à regulamentação das diretrizes levantadas no nível anterior.

A metodologia proposta por Libault (1971) assume uma importância singular no desenvolvimento de pesquisas, pois fundamentam as discussões metodológicas posteriores. O papel exercido pela metodologia proposta pelo autor (op. cit.) vincula-se à sua proposição de uma lógica de hierarquização e de análise dedutiva para chegar, ao diagnóstico e ao estabelecimento de diretrizes. Embora apresente uma abordagem teórica alicerçada na análise qualitativa, não exclui a visão quantitativa e dinâmica da configuração geográfica, uma abordagem metodológica com reconhecida contribuição às pesquisas de cunho geográfico.

No nível compilatório foi realizado a digitalização das cartas topográficas da área de estudo que serviram como material base para a identificação e análise morfométrica e morfológica referentes ao município. O material cartográfico utilizado foi fornecido pelo IBGE e IGC em escala 1:50.000 sendo as folhas:

- Santos (SF.23-Y-D-IV-3)
- Bertioga (SF.23-Y-D-IV-4)
- Mogi das Cruzes (SF.23-Y-D-IV-2)

As cartas topográficas foram escaneadas, georreferenciadas nos sistemas de coordenadas UTM e posteriormente digitalizadas através da vetorização das curvas de nível, drenagem, pontos cotados, áreas de estuários e vias de acesso, utilizando o programa ArcGis 9.2.

A análise morfométrica possui uma grande importância para a compreensão da dinâmica da paisagem do município de Santos, pois através das cartas morfométricas foi possível obter os índices de declividade, de altimetria relativa e de dissecação horizontal. Esses índices são importantes, pois possibilitam a caracterização física e análise morfodinâmica da paisagem, podendo chegar a uma análise ambiental apresentando as áreas com maiores fragilidades em relação ao uso e ocupação encontradas no município.

A carta de hierarquia de drenagem foi elaborada a partir da delimitação dos corpos hídricos definidos nas cartas topográficas, identificando assim a tipologia da drenagem segundo o fator morfológico. Nessa carta foi realizado o enriquecimento da drenagem e também estabeleceu-se a hierarquia de drenagem, sendo apresentado rios de 1° a 4° ordem, de acordo com a ordem de seus afluentes, de acordo com a metodologia proposta por Strahler (1950 apud Machi 2005).

A carta hipsométrica foi elaborada a partir da digitalização das curvas de nível e dos pontos cotados através do programa ArcGis 9.2 e pela classificação da altimetria pelo comando 3D Analyst Tools do mesmo programa, que converteu os vetores das curvas de nível e dos pontos cotados para o formato TIN (Triangulated Irregular Network). Devido a grande variação altimétrica, entre 0 e mais de 1000 metros de altitude apresentada na área de estudo, adotou-se uma divisão equivalente da classificação, variando de uma classe a outra em 200 metros, tendo seu início a partir dos 100 metros de altitude, gerando assim 7 níveis altimétricos.

A carta clinográfica foi produzida a partir de duas técnicas para verificar a acurácia da técnica digital principalmente nas áreas de topo e vales. A primeira técnica desenvolve-se utilizando o software Arcgis 9.2 onde se fez a interpolação das curvas de nível e pontos cotados através do método de interpolação TIN (Triangulated Irregular Network) pelo comando 3D Analyst Tools > Create TIN From Features. Na seqüência determinou-se cinco classes de declividade mesclando a proposta de zoneamento de Ross (1992) que exige a existência de cinco classes com a norma do IPT e Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. A qual a primeira classe (inferior ou igual a 5%) representa as áreas sujeitas a inundações e o limite urbano industrial, utilizado em trabalhos de planejamento urbanos. Já a classe que abrange as faixas de 5,01-12% define o limite máximo do emprego de mecanização agrícola segundo a proposta de Chiarini e Donzelli (1973) citado por De Biasi (1992). O intervalo entre 12,01%-20% corresponde ao limite definido pela Legislação Federal – Lei 6.766/79, como área para urbanização sem restrições. O intervalo de 20,1-30% e acima de 30,01% caracterizam-se por áreas referentes a Serra do Mar.

A segunda técnica é o método proposto por De Biasi (1992) onde a medição da declividade é feita pelo uso de um ábaco. De acordo com a proposta, a primeira etapa consiste na confecção do ábaco através da aplicação da fórmula abaixo adotando as mesmas classes definidas na proposta anterior:

$$D = \frac{n \times 100\%}{E}$$

E

D = declividade;

E = espaçamento ou distância horizontal entre duas curvas consecutivas ou de pontos em uma carta;

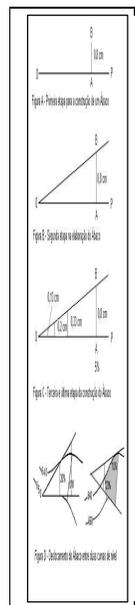
n = diferença de nível entre dois pontos ou a equidistância da carta (0,04 cm).

Na sequência da aplicação da fórmula foi convertido o espaçamento horizontal obtido na fórmula para a escala da carta, 1:50,000.

Após a determinação das classes de declividade, constrói-se um ábaco com as medidas obtidas. Segundo Carpi Junior (1996), toma-se um segmento de reta OP de aproximadamente de 10 cm (Figura 9-A). Num ponto aleatoriamente do seguimento OP, traça-se o segmento AB com 0,8 cm de comprimento perpendicular ao primeiro seguimento (Figura 9-B), que de acordo com a fórmula proposta representa 5% de declive na carta topográfica. Os pontos O e B são ligados através de um segmento (Figura 9-B). Ao longo do segmento OA são distribuídos os limites das classes escolhidas e depois projetados para o segmento OB (Figura 9-C).

A delimitação dos índices de declividade na carta se dá pela passagem do ábaco entre as curvas de nível de maneira que as extremidades das hastes que definem os limites das classes tangenciem as duas curvas, buscando sempre o estabelecimento de um ângulo reto entre a curva de nível e a linha demarcadora do ábaco, como pode ser observado na figura abaixo. (Figura 9-D).

Figura 9 – Delimitação dos índices de declividade



Fonte: Carpi Junior (1996)

Após a delimitação das classes e da elaboração do ábaco principal, também foi

confeccionado o ábaco complementar apresentado por Carpi Junior (1996), considerando a metade dos valores definidos para o ábaco principal, no qual o ábaco complementar é utilizado entre curvas de mesmo valor e na intersecção de curvas de nível e drenagem.

Posterior a delimitação dos índices de declividade na carta de forma analógico, foi realizada a digitalização através da vetorização dos polígonos identificados pelo programa ArcGis 9.2. Por último, foi estabelecido uma relação entre o grau de declividade e o índice proposto pela metodologia de Ross (1992), onde a primeira classe de declividade é relacionada com o menor índice, até atingir o índice 5 que representa declividades superiores a 30%.

Na primeira técnica a interpolação das curvas de mesmo valor o método TIN apresentou um erro significativo devido este método considerar durante a triangulação como um patamar somente, não havendo sinuâncias no relevo. Devido a este problema adotou-se para o trabalho o segundo método.

Para a confecção da carta de dissecação horizontal adotou-se a proposta de Spiridonov (1981) citado por Machi (2005), onde considera o relevo representado a partir da base topográfica como um triângulo retângulo. Esse trabalho foi dividido em três etapas: A primeira correspondeu à delimitação de todas as bacias hidrográficas identificadas e delimitadas a partir da carta topográfica de área.

Em seguida, através do uso de um escalímetro como referência a escala de base cartográfica, 1:50.000, foi traçado a distância entre o talvegue e a linha de cumeada, classificando a área segundo as distâncias apresentadas entres esses dois pontos sendo definido o intervalo de classes: menor ou igual a 100m; 100,01-200m; 200,01-400m; 400,01-600m e acima de 800,01m.

Para a região insular do município foi elaborado duas cartas de dissecação horizontal devido a existência de canais construídos pela ação antrópica. A primeira considera somente a drenagem natural da área e a segundo inclui a drenagem e os canais artificiais como bacias hidrográficas. Como naturalmente os canais não existiam, não foi possível identificar divisores de água, sendo estes estabelecido de forma arbitrária considerando o centro da área entre os canais como divisor.

Para melhor representar naturalmente a área adotou-se a carta de dissecação horizontal desconsiderando os canais artificiais.

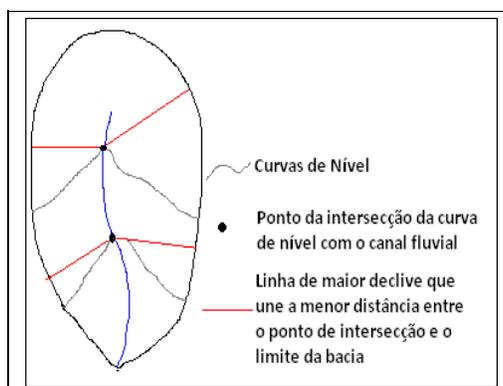
Por último, a terceira etapa consistiu na digitalização da carta através da

vetorização em polígonos das classes pelo uso do programa ArcGis 9.2. Nessa etapa atribuiu uma classe de valores de 1 a 5 de acordo com o tamanho da rampa identificada.

Foi organizado e digitalizado ainda à carta geológica referente ao município de Santos através do uso do programa ArcGis 9.2, com o uso de material pré-existente (Suguio e Martin, 1978), exigindo assim a conversão da escala de 1:100.000 do material original para escala 1:50.000 em meio digital. Foram digitalizadas as formações litológicas e estratigráficas a partir da vetorização de polígonos.

A carta de dissecação vertical foi confeccionada a partir do método Proposto por Spiridonov (1981) citado por Machi (2005), onde primeiramente delimita-se as sub-bacias hidrográficas identificadas na carta topográfica. Na sequência é determinado a menor distância entre o divisor de águas e o canal fluvial para cada curva altimétrica. Posteriormente foi identificado a diferença altimétrica da vertente em relação com a distância entre o canal fluvial e o divisor de águas. (Figura 10).

Figura 10 – Distância entre o divisor de água e o ponto de intersecção

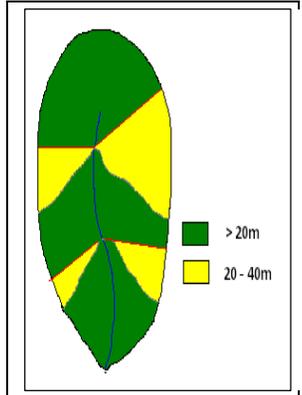


Fonte: Machi (2005)

Devido a escala de análise e o grande desnível altimétrico encontrado na área de estudo principalmente na região da serra, não foi possível elaborar a carta manualmente, pois perderia precisão da delimitação da distância entre o canal e o talvegue. Portanto, a distância foi traçada digitalmente com o auxílio do programa ArcGis 9.2, que possibilitou aumentar o zoom da carta sem causar distorções devido a mudança de escala.

A delimitação da dissecação vertical foi feita através da vetorização de polígonos de cada sub-bacia, onde esses polígonos foram recortados a partir de intersecção de cada curva de nível com as distâncias entre o canal e a linha cumeada. (Figura 11).

Figura 11 – Distância entre canal fluvial e linha cumeada



Fonte: Machi (2005)

A Carta de Formações Superficiais foi organizada a partir do material pré-existente de Suguio e Martin (1978), exigindo também a conversão da escala de 1:100.000 do material original para escala 1:50.000 em meio digital. No qual foram representados os materiais constituintes e a textura variando de areno argiloso, arenoso e argilo-siltoso.

A Carta Pedológica foi organizada a partir do material pré-existente do IPT (2006) em escala 1:250.000 sendo feita a conversão para escala 1:50.000 em meio digital. Nessa carta foi vetorizado em polígonos os tipos de solos e a mancha urbana.

A Carta de Cobertura Vegetal foi elaborada a partir do material pré-existente do Projeto Biota (2006), sendo vetorizado em polígonos as diferentes coberturas identificadas na área do município.

O Índice de Dissecações foram obtidos através da interpolação e sobreposição dos índices de dissecação vertical e horizontal proposto por Oliveira (2003) gerando uma matriz de dissecação do relevo. (Quadro 7).

Quadro 7 – Matriz de Dissecação do Relevo

| | | Dissecação Horizontal | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| | | Muito Fraco (1) | Fraco (2) | Médio (3) | Forte (4) | Muito Forte (5) |
| Dissecação Vertical | Muito Fraco (1) | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | Fraco (2) | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | Médio (3) | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| | Forte (4) | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| | Muito Forte (5) | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| | | | | | | |

A produção do índice de dissecação foi feita através da sobreposição das cartas de dissecação vertical e horizontal utilizando o comando `overlay > identify`, que agrupou e redefiniu a combinação dos mapas vetoriais produzindo um terceiro mapa contendo todas as informações das duas primeiras cartas. Após esse processo, foi feito o cálculo de soma entre o índice de dissecação vertical com o horizontal permitindo a visualização da matriz proposta por Ross (1990). Devido ao grande número de polígonos formados pela sobreposição das cartas, foi feito um agrupamento por semelhança de polígonos vizinhos através do comando `generalition > proximity`.

A compartimentação geomorfológica foi feita baseada em Dias (2009) no qual a identificação dos compartimentos geomorfológicos foi realizada a partir da interpretação de imagens de satélite LANDSAT 7, bandas 4 e 5, do ano 2007, fornecidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), referente a área de estudo em meio digital. Tendo em vista os níveis de rugosidade observados na imagem foram identificados e delimitados os diferentes compartimentos geomorfológicos do município. Além da interpretação da imagem de satélite e fotos aéreas, utilizou-se as cartas de drenagem e altimetria do município, para auxiliar a identificação e delimitação dos compartimentos geomorfológicos, além das cartas topográficas, utilizou-se também o Mapa Geológico do Município de Santos de Suguio e Martin (1978).

Para o mapeamento topomorfológico foram feitas adaptações de duas propostas de legendas devido as características discrepantes na áreas de estudo, ora regiões muito

planas, ora regiões acidentadas. Utilizou-se para representar as áreas de acumulação a proposta de legenda de Tricart (1975, apud Cunha 2003) e para representar as áreas denudacionais utilizou-se a proposta de legenda de Vestappen e Zuidam (1975, apud Cunha 2003).

Do ponto de vista operacional, primeiramente identificou-se a partir da topografia a morfometria como declividade das vertentes e hierarquia de drenagem. No segundo momento, utilizando de fotografias áreas 1:35.000 identificou-se as formas de vertentes e as zonas de acumulação. Por último estabeleceu-se a adaptação para a escala 1:50.000 e a definição da representação cartográfica das feições identificadas.

A Carta de Unidades de Fragilidade Potencial do município de Santos foi elaborada a partir da metodologia proposta por Ross (1990) que propõem uma carta síntese a partir da identificação dos processos geomorfológicos, da análise morfométrica das cartas topográficas, dos índices de dissecação de relevo, da carta geológica e pedológica, e da cobertura vegetal.

A proposta estabelece um modelo de representação do relevo através da hierarquização dos atributos identificados na paisagem, partindo da estruturação do relevo passando pela morfologia e morfometria, relacionando posteriormente estes atributos com a geologia, clima e cobertura vegetal, produzindo um quadro de informações.

Ross (1990) aplica diferentes métodos para cada nível taxonômico, onde os níveis de pequenas e médias escalas (1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000) a representação se dá pela identificação das superfícies homogêneas. Já em escalas grande (1:50.000, 1:25.000 e 1:10.000) a representação é feita pelos elementos de forma, buscando identificar as formas de vertentes e os principais processos.

Após a produção do modelo de representação é relacionado com os índices de dissecação do relevo para poder estabelecer os índices de fragilidade potencial da área do município. Esse índice de fragilidade é determinado pela combinação do índice de dissecação do relevo, estabelecendo cinco classes de fragilidade do relevo como demonstra o Quadro 8.

Quadro 8 – Classes de fragilidade do relevo

| | | Dissecação Horizontal | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| | | Muito Fraco (1) | Fraco (2) | Médio (3) | Forte (4) | Muito Forte (5) |
| Dissecação Vertical | Muito Fraco (1) | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | Fraco (2) | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | Médio (3) | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| | Forte (4) | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| | Muito Forte (5) | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| | | | | | | |

Para a delimitação das unidades foi estabelecido o mapa de compartimentação do relevo como base, sendo cada compartimento uma unidade primária, dividindo em duas macroregiões, a do Cinturão Orogênico e a da Bacia Sedimentar. Na sequência, as informações do mapa topomorfológico foram sobrepostas as unidades para identificar a morfologia das unidades primárias na área do Cinturão Orogênico. Posteriormente foi relacionado o mapa geológico para a delimitação das unidades encontradas na Bacia Sedimentar. Os índices de declividade auxiliaram a sub-divisão dessas unidades.

Por último foi elaborado a Carta de Unidades de Instabilidade do Município de Santos onde relacionou-se as informações dos índices de dissecação do relevo, dos índices de declividade, índice de suscetibilidade á erosão do solo e tipo de uso da terra/cobertura vegetal, onde associou-se índices de 1 a 5 para cada variável. Após a classificação dos índices de cada variável, foi estabelecido uma somatória, definido 5 classes de índices de instabilidade, de acordo com o Quadro 09.

Quadro 09 – Classes dos índices de instabilidade

| Somatória dos atributos | Índices de instabilidade |
|-------------------------|--------------------------|
| 1 – 5 | Muito fraco |
| 6 – 10 | Fraco |
| 11 – 15 | Médio |
| 16 – 20 | Forte |
| 21 – 25 | Muito forte |

Essa carta foi elaborada a partir de uma adaptação do método proposto por Ross (1990) que estabelece dois grupos de unidades, as potenciais que relaciona o meio natural sem interferência antrópica e as unidades emergente onde já existe forte interferência humana.

6 – DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

6.1. Caracterização Geomorfológica do Município de Santos

As regiões litorâneas, por estarem em contato direto com as ações do oceano e do continente, apresentam extrema complexidade dos processos naturais em virtude da quantidade e qualidade de fatores que atuam na conformação do relevo. Apresentam-se como áreas de extrema fragilidade em virtude da intensa dinâmica natural, intensificando a medida que a ação antrópica intervêm no espaço.

A região litorânea do Estado de São Paulo se apresenta, segundo Almeida (1964), como uma região de serra contínua próximo ao mar que cede lugar para uma sequência de planícies de variadas origens, com drenagem oriunda na serra voltada para o mar.

Na parte norte do litoral do estado as escarpas atingem diretamente o oceano, proporcionando áreas de planície pouco extensas. Conforme se aproxima do centro e sul do estado, as escarpas recuam para o interior e as planícies adentram ao continente formando grandes áreas sedimentares.

O município de Santos está localizado no litoral do estado de São Paulo, mais precisamente no divisor entre o litoral norte e sul. A área do município está distribuída parte sobre ilhas e o restante continental. Dentro do município pode ser identificado duas dinâmicas naturais de formação de relevo muito distintas, uma associada a áreas de morros situada mais na porção continental com ações denudacionais e outra a áreas de planície encontradas na região insular e no continente no contato com a serra com ações mais deposicionais.

As áreas de morros caracterizam-se por apresentar intensa ação do intemperismo químico e físico. O primeiro relacionado principalmente pela intensa umidade associadas aos altos índices pluviométricos presente no município e o segundo em virtude da grande variação altimétrica, da quantidade de rios muito entalhados e do alto grau de inclinação das vertentes. As vertentes podem ser divididas em três tipos: as vertentes convexas possuem características de processos de lavagem da superfície do terreno e por erosão a partir do impacto da chuva no terreno, caracterizando-se como áreas dispersoras de água e material. Já as vertentes côncavas estão associadas tanto à erosão do terreno como à deposição causadas pelo acúmulo de água e de sedimentos, pois são caracterizadas como áreas receptoras. E as vertentes retilíneas ocupam

geralmente a parte central mais íngreme do perfil, formando paredões abruptos de relevo acentuado, com rocha resistente ao intemperismo, ou então áreas do perfil, com encostas controladas por processos típicos de baixa declividade.

Para Ross (1990), as vertentes podem ser identificadas e classificadas por seus diversos setores, que indicam determinadas características genéticas. Assim, os setores de vertentes podem ser do tipo: Topos convexos (Tc) que caracterizam segmentos de vertente correspondentes a topos convexizados, ocupando posição cimeira nos divisores de água, Vertentes convexas (Vcl) que representam segmentos de vertentes muito convexo com declividades superiores a 30%, Vertentes convexas (Vc) representam relevo de tipologia convexo com declividades entre 20% a 30%, Vertentes côncavas (Vce) que caracterizam segmentos do relevo de tipologia côncava, Patamares convexizados (Pc) que são superfícies aplanadas que interrompem a continuidade da vertente com topos convexos de curvatura plana, Colos (Cl) representam depressões numa linha de cristas no topo da serra e Costão rochoso (Cr).

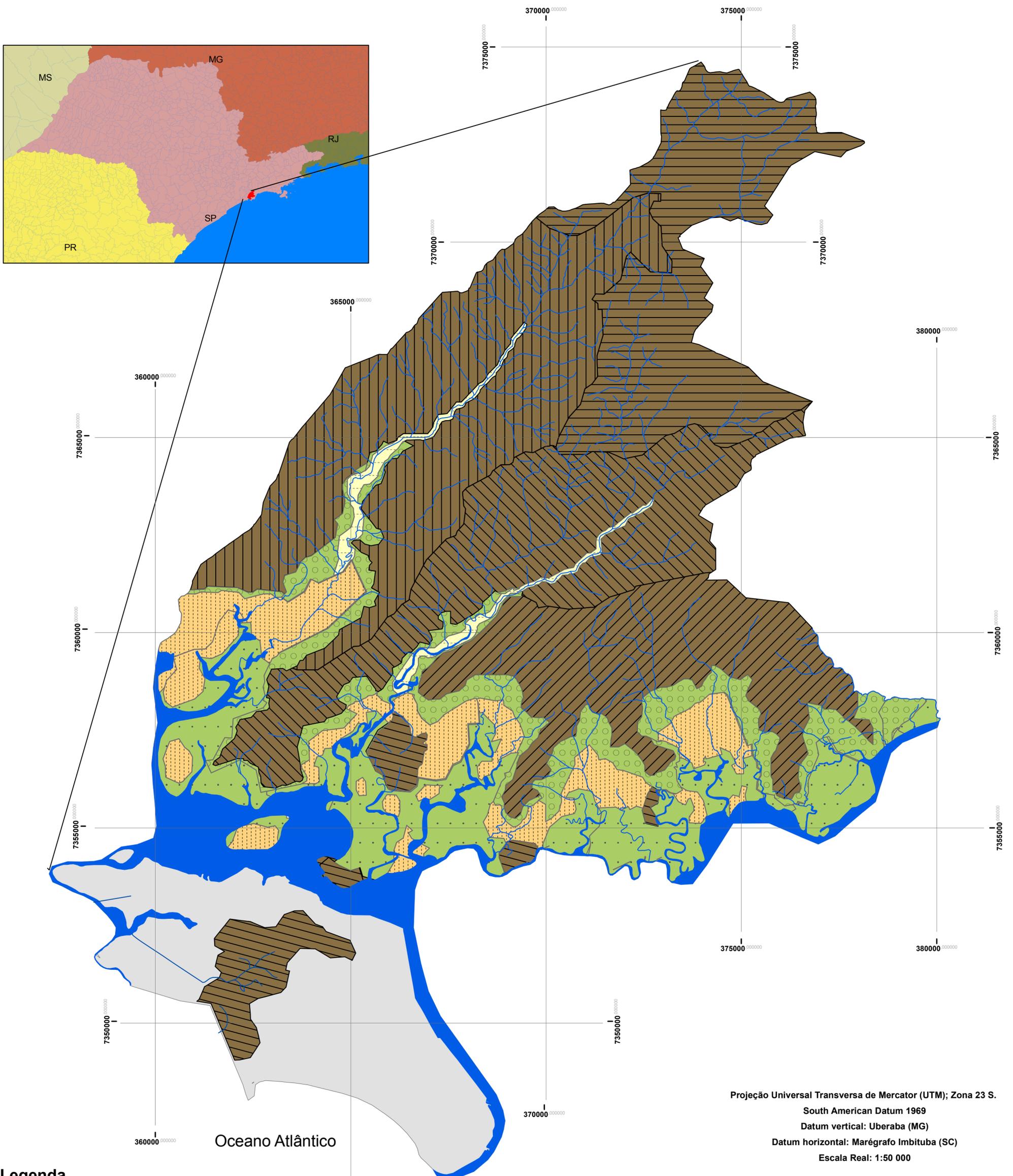
Nas áreas de planície podem ser encontrados feições do tipo praias, restingas e planícies, e podem ser classificadas, de acordo com o autor (op. Cit.), em quatro tipos: Praias (Pr) que são zonas planas, formadas pelo acúmulo de areia, Restingas (Re) que representam planícies originadas pela incorporação de cordões de areia depositados pelo oceano, Planície fluvio-marinha (Pf) com terrenos areno-vascosos sendo influenciado pela maré e pela dinâmica fluvial (mangue) e Planície mista que são áreas de planície fluvio-marinha que sofreram processos de colmatação, sedimentação marinha e fluvial.

Considerando a dinâmica natural do município por apresentar duas áreas de funcionamento e de formação do relevo muito distintas e os conceitos de Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais desenvolvidas por Ross e Moroz (1997), o município de Santos pode ser dividido em três Unidades Estruturais: Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar Cenozóica e Formações do Quaternário Continental. (Figura 12).

Figura 12 – Carta de Compartimentação do Relevo do Município de Santos

Figura Compartimentação

Figura 12 - Carta de Compartimentação de Relevo do Município de Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

- Limite Municipal
- Drenagem
- Estuários
- Área Urbana

- Zona de Acumulação
- Mangue
- Área de Colúvio

Unidade Morfoestrutural

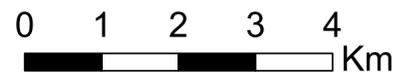
- Formações do Quaternário Continental
- Bacia Sedimentar Cenozóica
- Cinturão Orogênico do Atlântico

Unidade Morfoescultural

- Planície Fluvial
- Terraço Marinho
- Morros Residuais
- Planalto Atlântico
- Escarpas Festonadas



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.
 South American Datum 1969
 Datum vertical: Uberaba (MG)
 Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)
 Escala Real: 1:50 000
 Fonte: IBGE (1971)
 Adaptado de DIAS (2009)
 Equidistância de curvas: 20m



Organização: BACCI, P H de M (2009)
 Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

- Escarpas da Bacia do Rio Jurubatuba
- Escarpas da Bacia do Rio Quilombo

Essa compartimentação do relevo propiciou a melhor visualização dos aspectos físico do município através da análise morfologia, morfogenética e morfométrica de cada compartimento identificado e suas sub-unidades.

A região serrana, definida como unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, tem sua formação ligada a movimentos tectônicos datados do Pré-Cambriano, formando dobras e falhamentos na estrutura litológica formada basicamente por rochas cristalinas. Nessa unidade pode ser encontrado grande variação altimétrica, partindo de 200 metros a mais de 1000, com altos índices de declividade, geralmente superiores a 30%. A drenagem se apresenta de forma dendrítica e bem entalhada, geralmente seguindo a direção de falhas e fraturas da estrutura geológica.

Devido essa unidade apresentar características de relevo denudacional como vales bem entalhados, altos índices de declividade e grande variação altimétrica, é identificado ao longo da unidade altos índices de dissecação do relevo, tanto índices de dissecação horizontal em virtude da pequena distância entre o canal fluvial e o divisor de águas como índices de dissecação vertical associado a declividade acentuada nas sub-bacias. Em relação a morfometria, predominam encostas com vertentes convexas e retilíneas, podendo ser encontrado áreas de patamar convexizado e, mais em direção ao interior da serra, topos convexas favorecendo a dispersão de águas para os canais fluviais que geralmente se apresentam com vales em forma de V. Nas áreas de contato entre a Serra do Mar e a Bacia Sedimentar podem ser observados encostas festonadas, ora apresentando vertentes convexas ora côncavas.

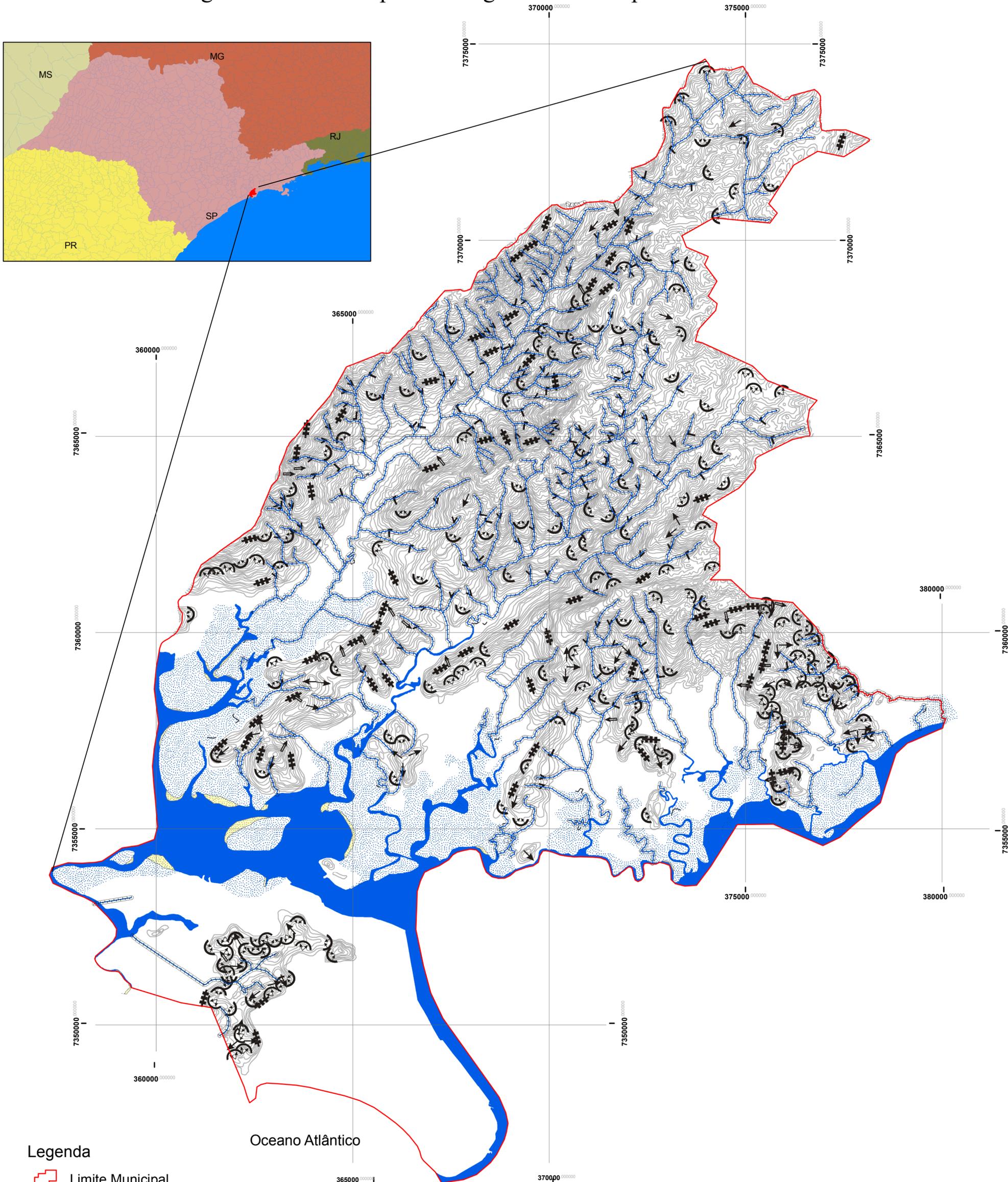
A compartimentação geomorfológica dessa unidade morfoestrutural é basicamente dividida em cinco unidades morfoesculturais: as Escarpas da Bacia do Rio Quilombo, Planalto Atlântico, Escarpas Festonadas, Escarpas da Bacia do Rio Jurubatuba e pelos Morros Residuais.

As Escarpas da Bacia do Rio Quilombo situada mais a oeste do município de Santos apresenta grande variação altimétrica, entre 200 a mais de 1000 metros de altitude, num pequeno espaço entre o talvegue e a linha cumeada, sendo identificado altos índices de declividade (superiores a 30%). Nessa unidade a drenagem se apresenta bem entalhada com vales em forma de V, geralmente sendo rios de primeira ordem podendo chegar até quarta ordem, tendo como característica grande energia de transporte por justamente estarem numa área de grande desnível altimétrico em poucos quilômetros de extensão. As vertentes são na maioria convexas e retilíneas (Figura 13), podendo encontrar topos convexas nas áreas de maior altimetria, caracterizando-se

portanto num relevo de alta energia onde prevalece o escoamento superficial em relação a infiltração, sendo naturalmente susceptível a escorregamento de massa e queda de blocos devido a litologia com falhas e fraturas apresentada na área.

Figura 13 – Carta topomorfológica do Município de Santos
Geomorfológico

Figura 13 - Carta Topomorfológica do Município de Santos-SP



Legenda

- Limite Municipal
- Zona de Inundação
- Drenagem
- Estuário
- Área Urbana

- Ação das Águas Correntes**
- Meandro Abandonado
 - Área de Deposição
 - Rebordo Erosivo

Formas de Origem Denudacionais

- Topo Arredondado
- Caimento Topográfico
- Caimento Topográfico Abrupto

Morfometria

- Vertente Convexa
- Vertente Concava
- Vertente Retilínea
- Vale em V
- Vale Assimétrico



Fonte: IBGE (1971), Adaptado de DIAS (2009)

Equidistância de curvas: 20m



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

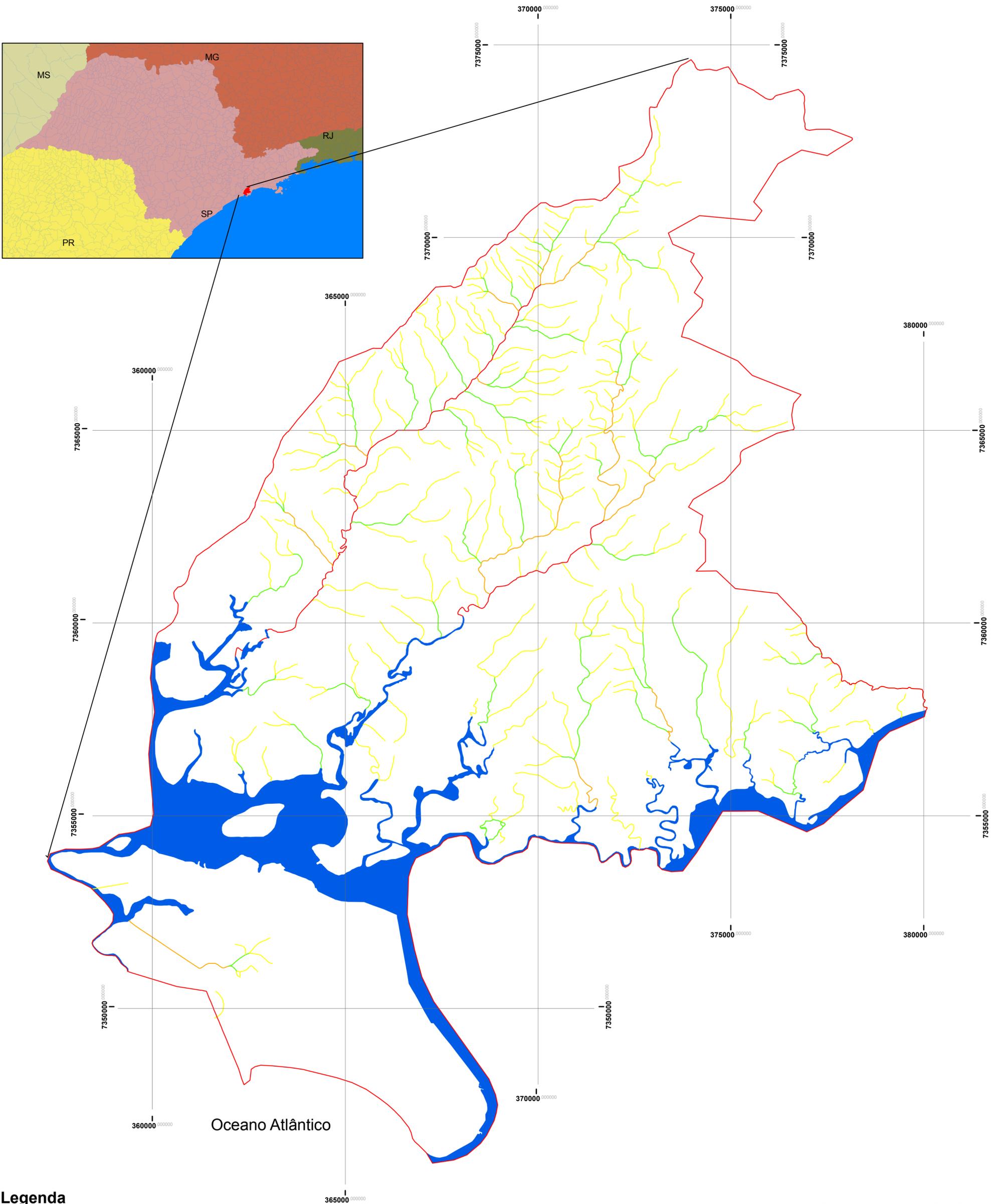
Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

A unidade Escarpas da Bacia do Rio Jurubatuba situa-se na região central continental do município de Santos apresentando variação altimétrica entre 100 a 900 metros. Nessa unidade também existe a predominância de rios de primeira ordem que direcionam-se para o canal principal de quarta ordem (Rio Jurubatuba) e os vales são bem entalhados em forma de V e assimétricos. As vertentes predominantemente são convexas e retilíneas, podendo ser encontrado em menor quantidade vertentes côncavas. As rochas dessa unidade possuem origem pré-cambrianas e possui formação superficial de rochas cristalinas.

Essas duas unidades citadas acima apresentam os rios de menor ordem direcionados para o canal principal (Rio Quilombo e Rio Jurubatuba) (Figura 14), sendo as formas de vertentes basicamente retilíneas e convexas. Apresentam altos índices de dissecação horizontal devido a pequena distância entre o topo e o talvegue, geralmente não ultrapassando 400 metros de distância. Os índices de dissecação vertical também são altos devido a grande diferença altimétrica entre o talvegue e o divisor de águas (superiores a 60 metros). (Figura 15).

Figura 14 – Carta de Hierarquia de Drenagem do Município de Santos
Hierarquia

Figura 14 - Carta de Hierarquia de Drenagem do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Estuários

Ordem da Drenagem

-  1º ordem
-  2º ordem
-  3º ordem
-  4º ordem



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971)

Equidistância de curvas: 20m

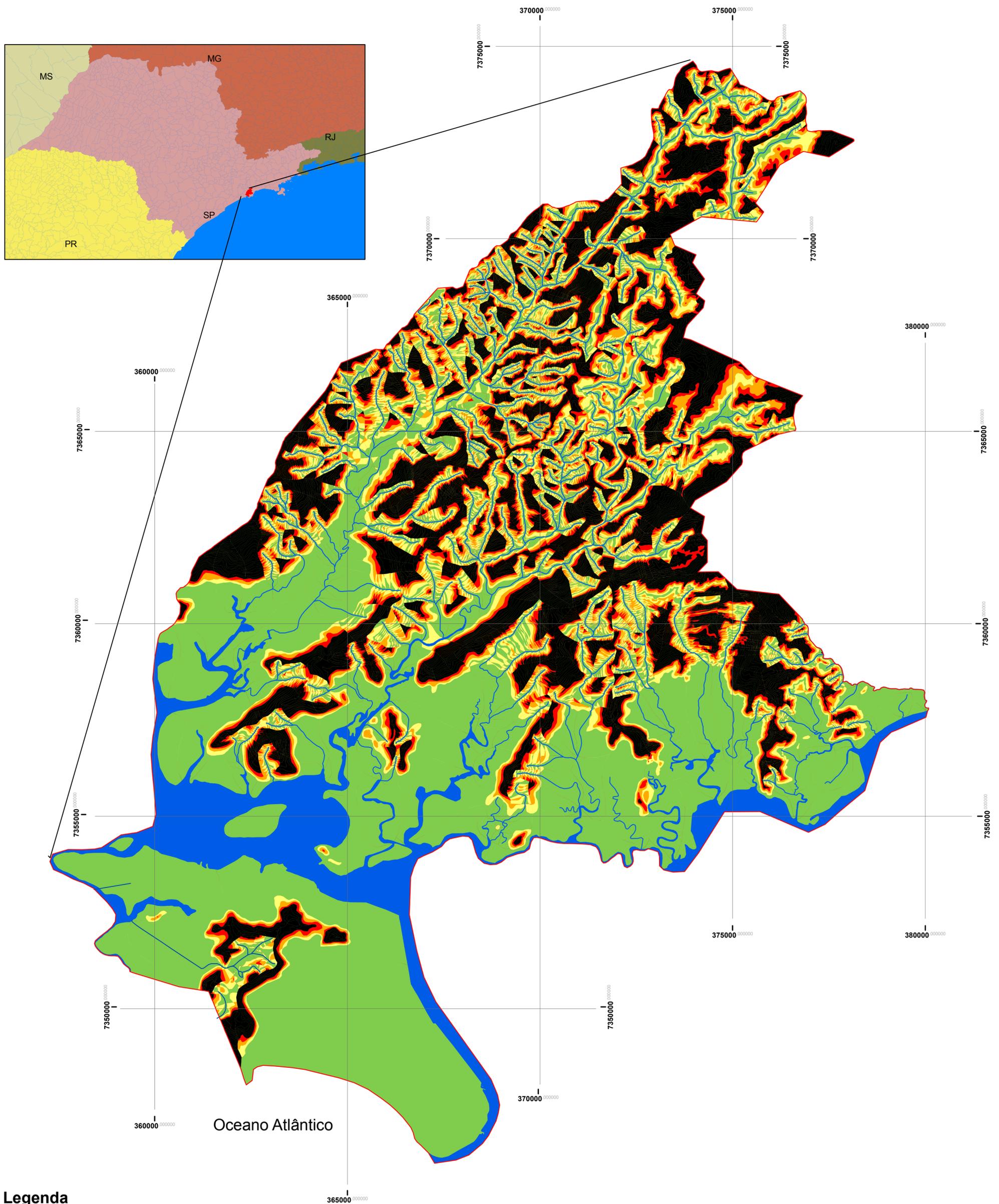


Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Figura 15 – Carta de Dissecação Vertical do Município de Santos

Figura Índice Dissec Vertical

Figura 15 - Carta de Dissecação Vertical Município de Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários

Comprimento de Rampa

-  <100 m
-  100 - 200 m
-  200 - 400 m
-  400 - 800 m
-  > 800 m



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971)

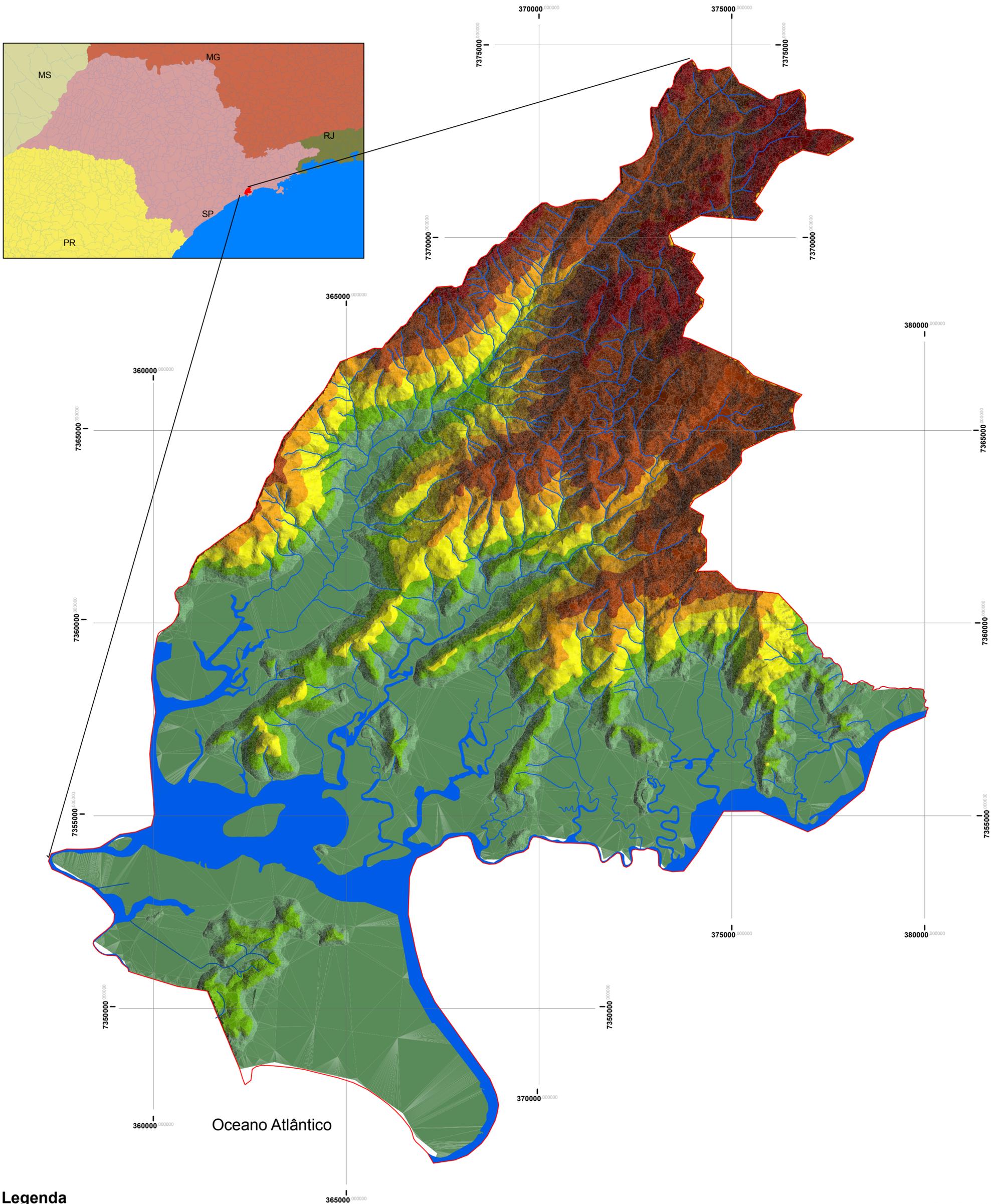
Equidistância de curvas: 20m



A unidade Planalto Atlântico encontra-se mais ao norte e nordeste do município, sendo caracterizada por uma região de topos convexos sendo o divisor de águas das bacias encontradas no município e a drenagem é predominantemente de rios de primeira ordem, podendo ser caracterizada como uma área de nascentes. A declividade geralmente supera 20% e apresenta uma pequena diferença altimétrica, variando de 800 a 1100 metros (Figura 16) e a geologia é representada por rochas pré-cambrianas tendo como formação superficial rochas cristalinas. Nessa unidade, os índices de dissecação variam devido a menor quantidade de canais fluviais. Os índices de dissecação horizontal variam com rampas atingindo 100 metros de comprimento a mais de 800 (Figura 17). Já nos índices de dissecação vertical pode ser observado uma predominância de índices superiores a 60 metros de altura.

Figura 16 – Carta Hipsométrica do Município de Santos
Hipsométrico

Figura 16 - Carta Hipsométrica do Município Santos-SP

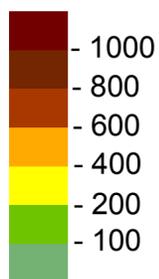


Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários

Níveis Atimétricos (m)



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971)

Equidistância de curvas: 20m

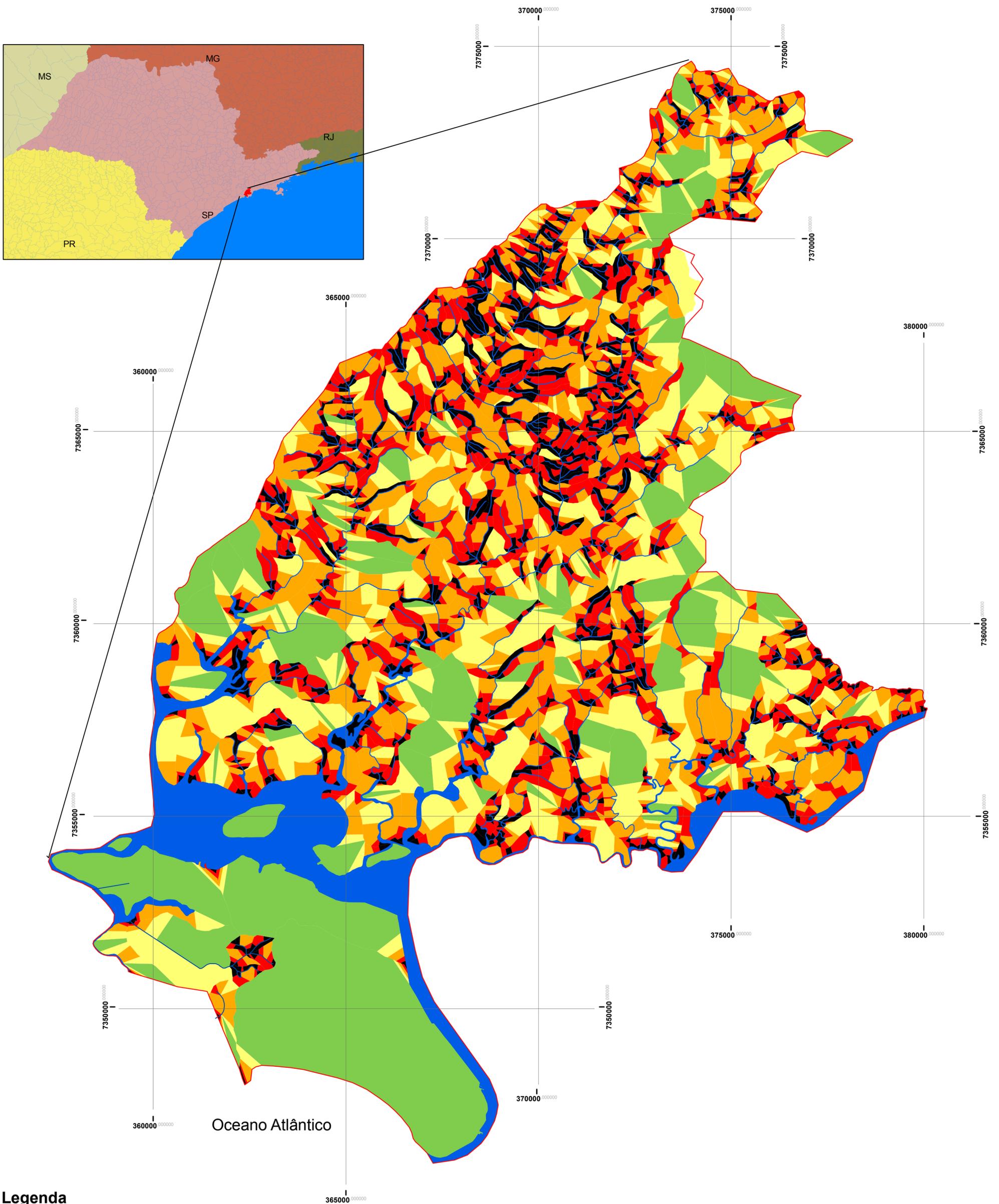


Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Figura 17 - Carta de Dissecação Horizontal do Município de Santos

Figura Índice Dissec Horizontal

Figura 17 - Carta de Dissecação Horizontal Município de Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários

Comprimento de Rampa

-  <100 m
-  100 - 200 m
-  200 - 400 m
-  400 - 800 m
-  > 800 m



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971)

Equidistância de curvas: 20m



Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

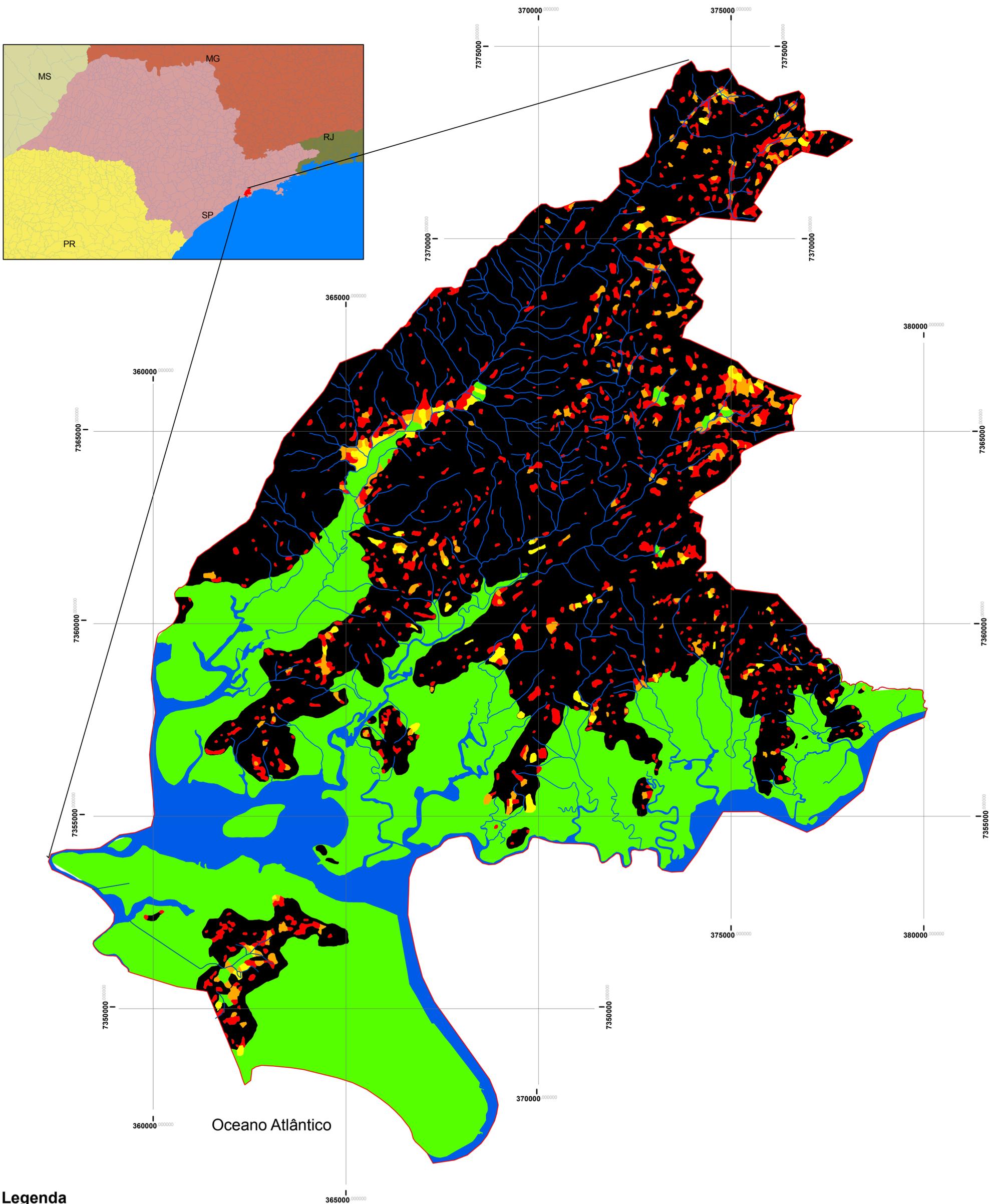
As Escarpas Festonadas encontram-se mais ao sudeste da área continental com contato direto com a zona de planície do município. Essa unidade ora invade a zona de planície, ora recua, apresentando vertentes côncavas e convexas. A drenagem se apresenta predominantemente com rios de primeira ordem seguindo em direção a zona de planície. A altimetria varia de 100 a 800 metros, e também apresenta declividade superior a 30%. As rochas também possuem origem no pré-cambriano e a formação superficial é de rochas cristalinas.

Por último, a Unidade dos Morros Residuais situa-se na porção sul da área continental do município de Santos e no centro da parte insular, seguindo um alinhamento com os braços da Serra do Mar, demonstrando um processo de recuo da escarpa pelo encaixe da drenagem e erosão fluvial.

A altimetria varia de 0 a 200 metros tendo declividades acima de 12%, havendo um predomínio das declividades superiores a 30% (Figura 18). Nessa unidade as formas de vertentes são predominantemente côncavas e a drenagem é representada por rios de primeira ordem na parte continental e na parte insular pode-se observar rio de segunda ordem. Os vales também são entalhados e apresentam altos índices de dissecação horizontal com distância não superiores a 400 metros e índices de dissecação vertical superiores a 40 metros. A geologia é representada por rochas pré-cambrianas tendo como formação superficial rochas cristalinas, tendo como uso e ocupação do solo o Parque Estadual da Serra do Mar com uma cobertura vegetal densa (Figura 19), e em algumas áreas pode ser identificado agricultura, além de ocupação urbana e áreas de industrialização.

Figura 18 - Carta Clinográfica do Município de Santos
Clinográfico

Figura 18 - Carta Clinográfica do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários

Índice de Declividade (%)

-  <5
-  5 - 12
-  12 - 20
-  20 - 30
-  >30



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971)

Equidistância de curvas: 20m

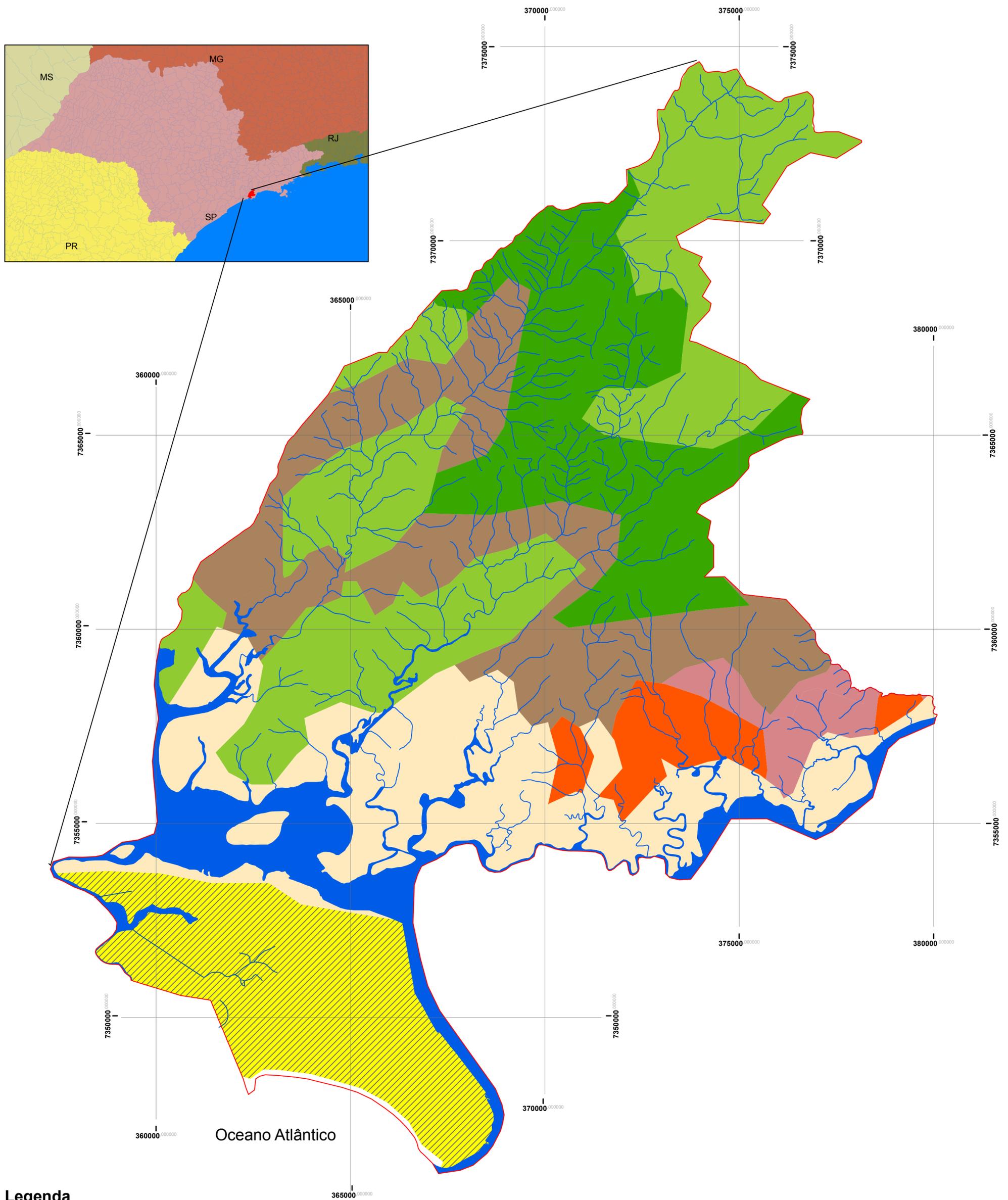


Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Figura 19 – Carta de Cobertura Vegetal do Município de Santos

VEGETAÇÃO

Figura 19 - Carta de Cobertura Vegetal do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários
-  Mancha Urbana

Cobertura Vegetal

-  Floresta Ombrófila Densa
-  Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
-  Floresta Ombrófila Densa
-  Floresta Ombrófilas Densa Submontana
-  Mangue
-  Restinga



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971), Biota(2006)

Equidistância de curvas: 20m

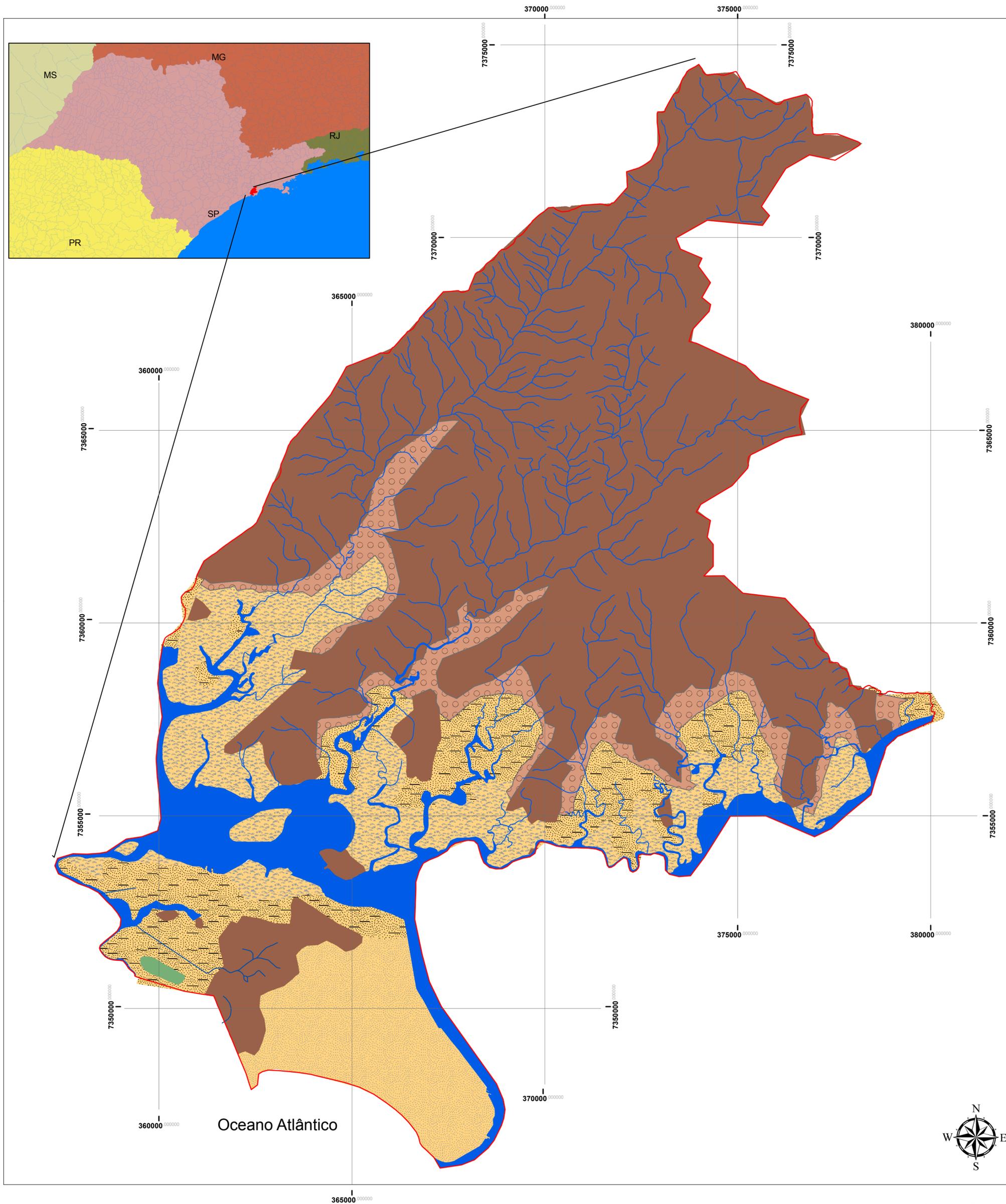


Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar Cenozóica representa áreas com processos de acumulação de sedimentos com origem fluvial ou costeiro. Inserido nessa unidade morfoestrutural encontra-se a unidade Morfoescultural Terraços Marinhos sendo áreas representadas por baixas declividades (geralmente inferiores a 2%) e apresentam também baixas altimetrias, não ultrapassando os 20 metros. Essa unidade está geneticamente relacionada com as interações oceano-continente através da variação do nível do mar, onde devido as transgressões e regressões marinhas formou-se cordões de sedimentos e, entre esses cordões formou-se lagos de origem flúvio-marinho. (Figura 20).

Figura 20 - Carta Geológica do Município de Santos
(Figura Geológico)

Figura 20 - Carta Geológica do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários

Estratigrafia

-  Quaternário Continental Indiferenciado (pode recobrir formações marinhas e flúvio-lagunares)
-  Holoceno marinho e lagunar
-  Pleistoceno Marinho (Formação Cananéia)
-  Pré-Cambriano

Litologia

-  Areias Marinhas Litorâneas
-  Sedimento de Mangue e de Pântano (Areias e Argilas)
-  Sedimentos Continentais
-  Sedimentos Fluvios-Lagunares e de Baías (Areias e Argilas)

Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969
Datum vertical: Uberaba (MG)
Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000
Fonte: IBGE (1971), Suguio (1978)

Equidistância de curvas: 20m



Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Essa unidade constitui-se basicamente por forma de relevo do tipo terraços marinhos, que ocorrem devido a complexidade de processos morfogenéticos através da interação das ações das águas oceânicas e fluviais, que juntamente com a ação eólica exercem importante processo na remobilização dos sedimentos marinhos e de sedimento transportados pela drenagem.

Segundo IPT (1981) essa unidade, situada ao sul da parte continental do município, caracteriza-se por possuir sedimentos arenosos e areno-argilosos, dispostos em baixos terraços marinhos, tendo predomínio destes depósitos nas coberturas cenozóicas dispostos em estruturas de cordões de regressão. A altimetria não ultrapassa 40 metros e a declividade se apresenta inferior a 2%. Pode ser identificado rios meandrânticos geralmente de primeira e segunda ordem hierárquica. O uso e ocupação do solo está associado a atividades industriais, algumas áreas de agricultura e propriedades rurais. Os índices de dissecação vertical do relevo são considerado baixos em virtude da pouca variação altimétrica e de declividade da área e o índice de dissecação horizontal varia de rampas com 100 metros a mais de 800 metros de comprimento, variando conforme a densidade da drenagem aumenta.

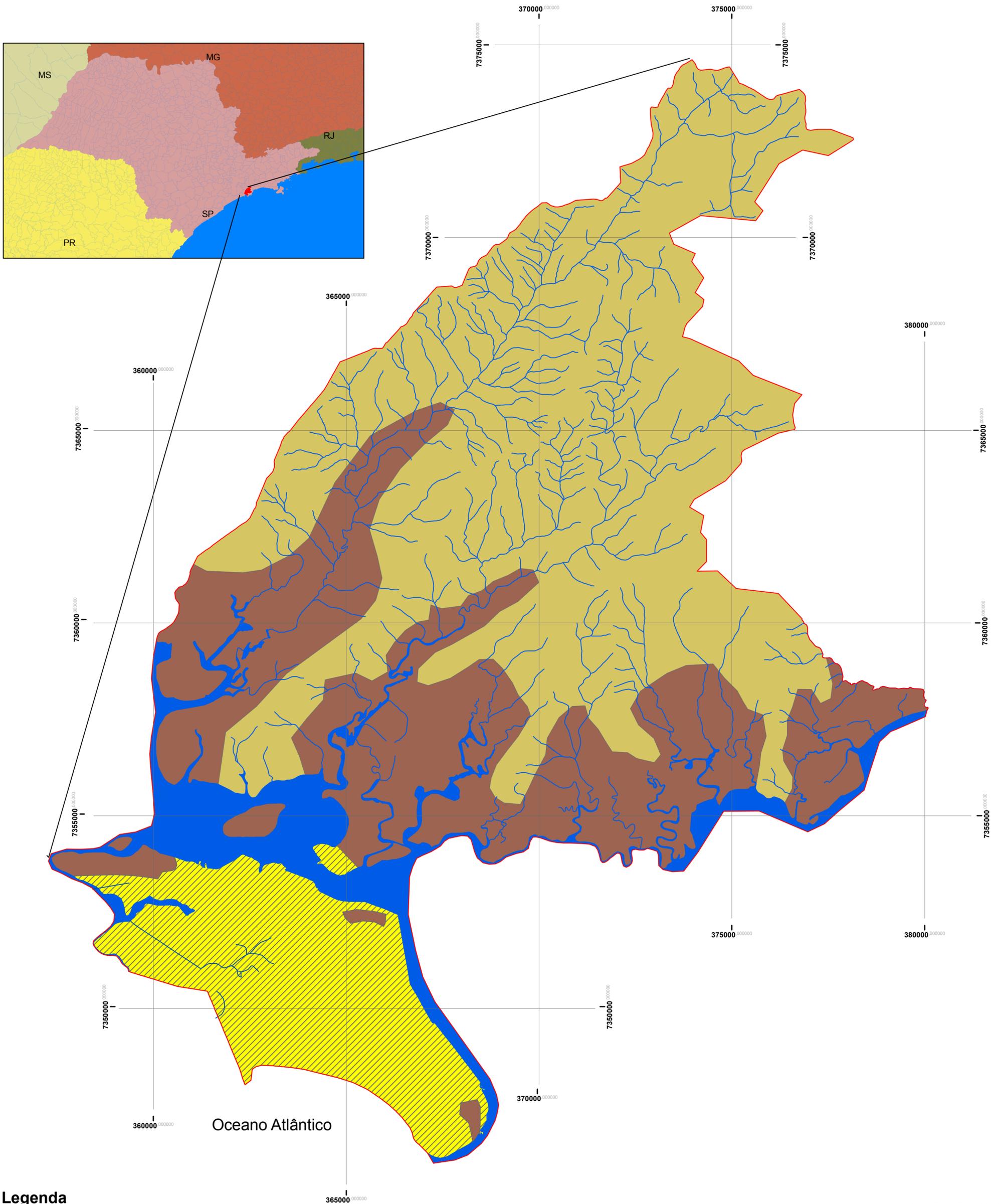
Por último, a Unidade Morfoescultural Formações do Quaternário Continental representa áreas de acumulação recente de sedimentos de origem flúvio-marinha, coluvionar e fluvial. Esta estrutura foi dividida em duas unidades morfoesculturais: Planície Fluvial e Zona de Acumulação.

A Planície Fluvial é encontrada ao longo do canal de drenagem dos principais rios que passam pelo município de Santos, no caso do Rio Jurubatuba e do Rio Quilombo, sendo áreas de acúmulo de sedimentos transportados pelos rios, caracterizando por depósitos fluviais recentes.

A Unidade Morfoescultural Zona de Acumulação foi dividida em duas sub-unidades: Mangues e Áreas de Colúvios. Nas primeiras são encontradas parte entre a região insular e continental do município e parte a sudeste, geralmente associadas a desembocaduras de rios e canais estuarinos. Apresentam terrenos de baixa altitude com declividade inferiores a 2% sendo praticamente horizontais e apresentam solos do tipo Gleissolos. (Figura 21). Estão associados a interações das ações fluviais e das ações oceânicas através da oscilação das marés, tendo sedimentos geralmente argilosos e vegetação hidromórfica. A drenagem apresenta padrão difuso e meândrico apresentando rios de primeira a quarta ordem. Nessa unidade os índices de dissecação do relevo são baixos justamente devido a baixa declividade e altimetria encontrada na área.

Figura 21 – Carta Pedológica do Município de Santos

Figura 21 - Carta Pedológica do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

-  Limite Municipal
-  Drenagem
-  Estuários
-  Mancha Urbana

Classificação de solos

-  Cambissolo
-  Gleissolo



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.

South American Datum 1969

Datum vertical: Uberaba (MG)

Datum horizontal: Marégrafo Imbituba (SC)

Escala Real: 1:50 000

Fonte: IBGE (1971), IPT(2005)

Equidistância de curvas: 20m



Organização: BACCI, P H de M (2009)
Orientação: Profª. Drª. Regina Célia de Oliveira

Por último, as Áreas de Colúvio situam-se entre o contato das escarpas da Serra do Mar e os depósitos continentais ao longo dos dois principais rios que passam pelo município de Santos (Quilombo e Jurubatuba) e também no contato entre as escarpas e os depósitos flúvio-marinhos mais ao sul da área continental do município. Estão localizados nas bases das vertentes associados a deslizamentos de massa e corrida de lama provenientes da serra e são caracterizados por possuir heterogeneidade do material.

6.2. Unidades de Fragilidade Potencial do município de Santos

As unidades de fragilidade potencial do município de Santos, considerando a metodologia proposta por Ross (1990), foram representadas a partir da co-relação de três variáveis: as formas do relevo, os índices de declividade e os índices de dissecação. Para estabelecer as unidades utilizou-se inicialmente a carta de compartimentação do relevo como base sendo definidos 9 unidades identificadas através da morfogênese e da morfologia, sendo 4 de formação denudacional e 5 de formação de agradação. Tais unidades seguiram o padrão de padronização das formas e processos atuantes na gênese e estruturação dos processos atuais.

Após a delimitação das 9 unidades, foram definidos segmentos de vertentes através de dois parâmetros para a área denudacional - o índice de declividade e a morfologia do relevo; e para a área de agradação um parâmetro – tipo de sedimento.

Para cada segmento de vertente foi introduzido 6 atributos como determina o modelo de representação de relevo proposto por Ross (1990) para a delimitação e caracterização das unidades de fragilidade potencial, sendo esses atributos: altimetria, litologia, cobertura vegetal e tipos de uso dominante, clima, solos e processos morfodinâmicos.

Dentro da zona denudacional encontra-se a unidade do Planalto Atlântico definida como região de topos, que possui declividade média entre 20% e 30% encontrando segmentos de vertentes de topo convexo e algumas vertentes convexas.

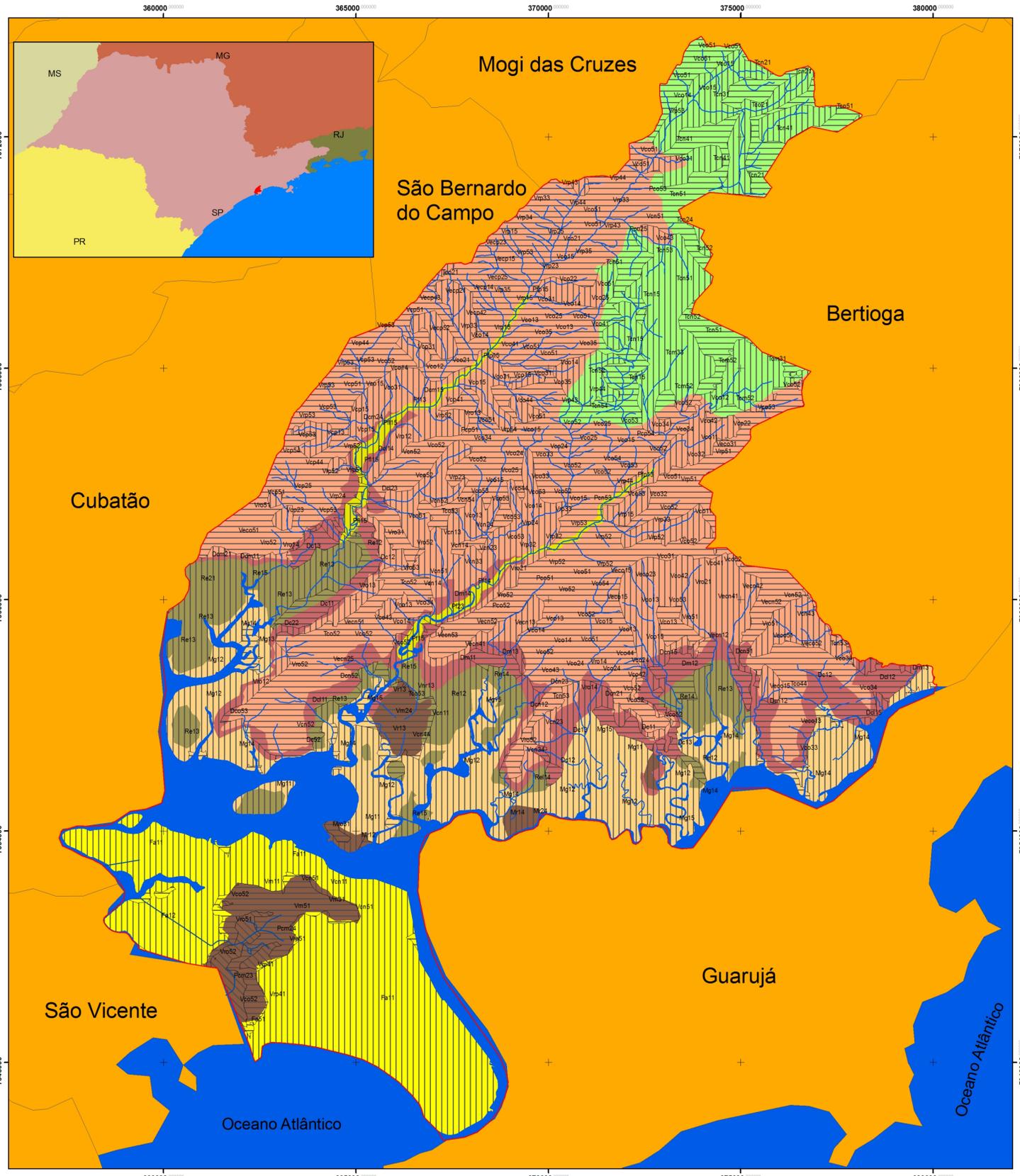
Na região predominam a Floresta Ombrófila, sendo um tipo de mata relacionado a regiões úmidas que apresenta densa cobertura vegetal com árvores altas. Esta mata serve de proteção a erosão causada pelo impacto da precipitação evitando perda de solo além da retenção da água pela raízes possibilitando maior atuação do intemperismo

químico.

Devido a característica do relevo de topos essa região apresenta índices de fragilidade entre médio a muito forte caracterizando-se como uma área naturalmente frágil (Figura 22). Apesar de apresentar uma fragilidade potencial alta a região tem o uso da terra como Parque Estadual da Serra do Mar, sendo uma região de conservação, não havendo forte interação antrópica que possa revelar-se em degradação, a não ser pelo trecho das rodovias Imigrantes e Anchieta.

Figura 22 – Carta de Unidades de Fragilidade do Município de Santos
Carta de Fragilidade Potencial do Município

Figura 22 - Carta de Fragilidade Potencial do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

- Limite Municipal
- Drenagem
- Estuários
- Área Urbana



Organização: BACCI, P H de M (2009)
 Orientação: Prof. Dr. Regina Célia de Oliveira
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.
 South American Datum 1969
 Datum vertical: Uberaba (MG)
 Datum horizontal: Marégrafo Ibitubá (SC)
 Escala Real: 1:50 000



Fonte: IBGE (2007), IGC (1962)
 Landsat 7 (2005)

| Unidades Morfoestruturais e Cronologia | Unidades Morfoestruturais | Índice de Fragilidade | Segmento de Vertente | Declividade | Altimetria | Litologia | Solos | Clima | Cobertura Vegetal / Uso de Terra |
|--|---|-----------------------|----------------------|-------------|------------|---|-------------|--|--|
| Cinturão Orogênico do Atlântico (Terciário Médio) | Escarpas da Bacia do Rio Jurubatuba | Forte / Médio | Tc, Vc, Vec e Vr | 20% a 90% | 20 - 1160m | Rochas Cristalinas | Cambissolos | Clima tropical úmido com duas estações definidas, sendo uma chuvosa nos meses de verão e outra estação mais seca nos meses de inverno. A pluviosidade anual varia entre 2000mm a 2500mm, sendo os meses de Fevereiro e Março e os meses de Julho e Agosto os mais secos. A temperatura média anual oscila em torno de 22° C. | Floresta Ombrófila Mista, Densa e Submontana |
| | Escarpas da Bacia do Rio Quilombo | Forte / Médio | Dc, Pc, Vc, Vec e Vr | 12% - 90% | 10 - 1160m | Sedimentos Continentais | | | Floresta Ombrófila Mista, Densa e Submontana |
| | Escarpas Festonadas | Forte / Médio | Pc, Tc, Vc, Vec e Vr | 20% - 40% | 20 - 1160m | Rochas Cristalinas | | | Floresta Ombrófila Densa, Submontana e Terras Baixas |
| | Morros Litorâneos | Forte / Muito Forte | Vc, Vr e Mr | 12% a 90% | 0 - 1160m | | | | Floresta Ombrófila de Terras Baixas |
| | Planalto Atlântico | Médio / Forte | Tc e Vc | 12% a 40% | 20 - 1160m | | | | Floresta Ombrófila Densa |
| Bacia Sedimentar Cenozóica (Pleistoceno/Holoceno) | Terraço Marinho | Médio | Re | 0 - 12% | 10 - 100m | Sedimentos flúvio-Lagunares e de Baías (Areias e Argilas) | Gleissolos | | Restinga |
| Formações do Pleistoceno/Holoceno (Pleistoceno/Holoceno) | Depósito Flúvio-Marinho | Médio | Mg | 0 - 5% | 0 - 20m | Sedimentos de Mangue e de Pântano (Areia e Argila) | | | Mangue e Ocupação Urbana |
| Formações do Quaternário (Pleistoceno/Holoceno) | Depósitos Continentais Colúvios Flúviais | Forte / Médio | Pf e Dc | 0 a 40% | 0 - 400m | Sedimentos Continentais | Cambissolos | | Floresta Ombrófila Densa e Terras Baixas |
| Área Urbana | Área Urbana | Médio | Fa | 0 - 5% | 0 - 20m | | | | Ocupação com Urbanização |

Índice de Instabilidade Potencial

- Média
- Forte
- Muito Forte

Tabela de Símbolos

| Segmento de Vertente | Símbolos |
|------------------------|----------|
| Vertente Convexa | Vc |
| Vertente Côncava | Vec |
| Vertente Retilínea | Vr |
| Topo Convexo | Tc |
| Patamar Convexizado | Pc |
| Morros Residuais | Mr |
| Restinga | Re |
| Depósitos Colúvionares | Dp |
| Depósitos Flúviais | Df |
| Mangue | Mg |
| Formação Antrópica | Fa |

Índice de Dissecação Horizontal

| Índice de Dissecação Vertical | | Índice de Dissecação Horizontal | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | Muito Fraco | Fraco | Médio | Forte | Muito Forte |
| | Muito Fraco | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | Fraco | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | Médio | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| | Forte | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| | Muito Forte | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |

Declividade

| Grau (%) | Classe | Índice |
|-----------|--------|-------------|
| < 5% | I | Muito Fraco |
| 5% - 12% | m | Fraco |
| 12% - 20% | n | Médio |
| 20% - 30% | o | Forte |
| > 30% | p | Muito Forte |

A unidade Escarpas do Rio Quilombo e Escarpas do Rio Jurubatuba apresentam dinâmicas naturais semelhantes tendo cobertura vegetal de Floresta Ombrófila densa diminuindo a ação da erosão. O solo é predominantemente Cambissolo pouco desenvolvido, possui um horizonte B incipiente.

Essas unidades estão inseridas nas bacias hidrográficas dos dois principais rios do município (Quilombo e Jurubatuba) que possui drenagem com padrão dendritico associados as falhas e fraturas litológicas, apresentando interflúvios de pequenas distâncias com rios encaixados em vales em forma de V, sendo predominante rios de primeira e segunda ordem.

As unidades apresentam declividades média entre 30% a 40% associada a tipos de vertentes convexas e retilíneas possibilitando ocorrência de movimentos de massa, principalmente escorregamentos de material e queda de blocos, além de encontrar patamares convexizados e zonas de topos convexos ao longo do divisor de água entre as bacias. Apesar da conservação da mata nativa o índice de fragilidade é forte e muito forte em virtude da inclinação do terreno e dos índices de dissecação do relevo. É nestas áreas do município de Santos que se apresentam os maiores índices de fragilidade potencial, porém pertencente também ao Parque Estadual da Serra do Mar.

A Unidade Escarpas Festonadas apresenta os três tipos de vertente em alternância devido ao seu formato, onde ora predomina vertentes côncavas e convexas associado ao fator litológico devido a resistência dos materiais encontrados, e ora vertentes retilíneas associadas a afloramentos rochosos, além das vertentes, identifica nessa unidade regiões de topos convexos. Os solos são Cambissolos que possuem característica de serem razos e suscetíveis a erosão. O índice de declividade é alto, estando na média de 30% a 40% e a variação altimétrica não é tão grande quanto nas outras unidades de escarpa, partindo de 20 metros podendo ultrapassar a casa dos 800 metros. O índice de fragilidade é forte e muito forte principalmente devido a declividade do terreno e ao índice de dissecação vertical prevalecendo acima de 100 metros a altura da rampa.

A Unidade Morros Litorâneos apresenta-se dentro da zona de planície e é caracterizado por ser um relevo residual resultante do recuo das escarpas da Serra do Mar. Esses morros podem ser divididos em dois grupos, um composto por pequenos morros residuais dentro da planície da parte continental e outro composto por um conjunto de morros localizado na parte insular como o Morro Santa Teresa, Monte Serras entre outros e o Morro Guarapá localizado no continente. Os morros localizados

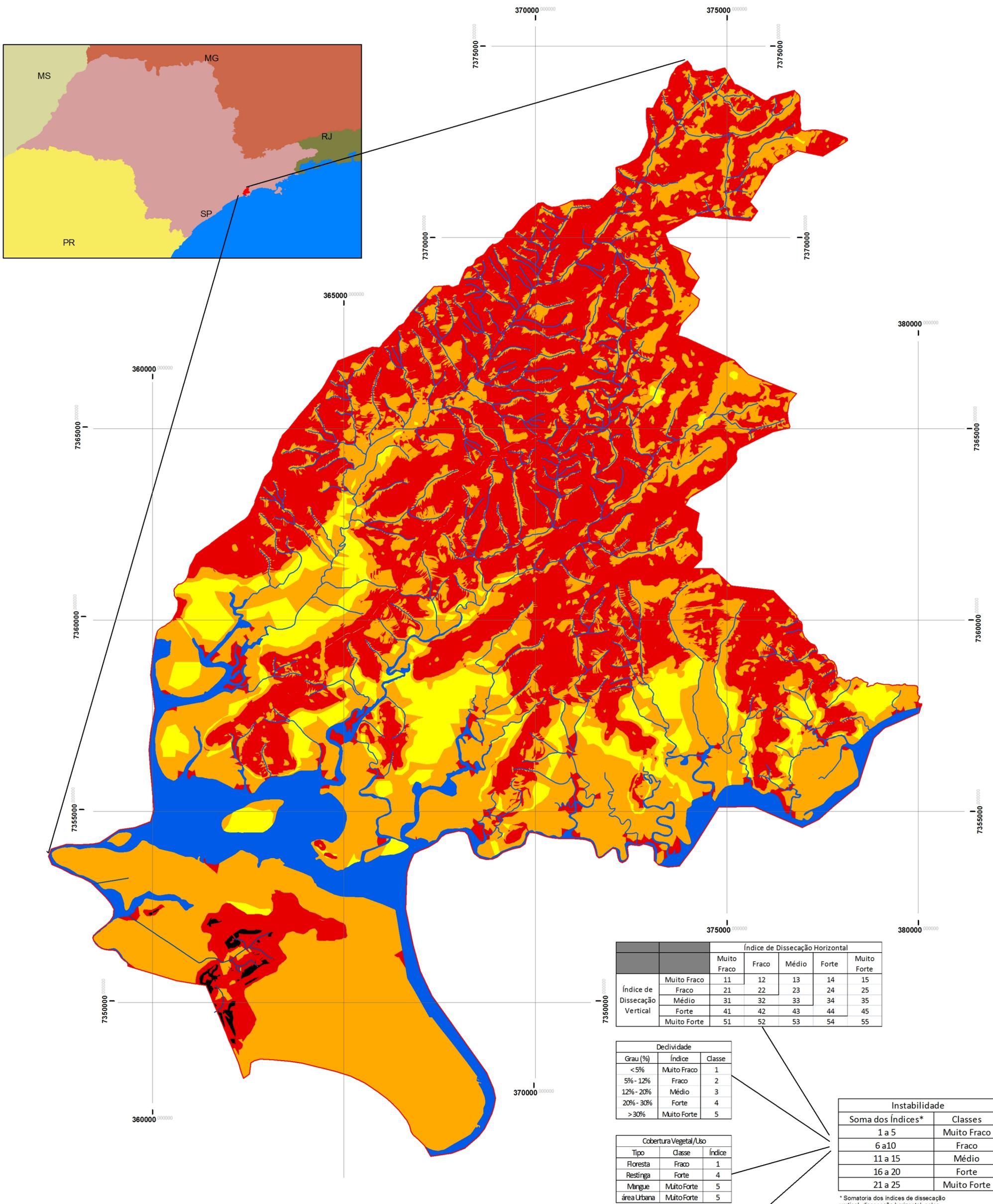
na parte continental foram classificados somente como morros residuais devido a impossibilidade de classificação das formas de vertente. Esses morros não ultrapassam 100 metros de altitude e apresentam declividade entre 30% e 40%, com cobertura vegetal de Floresta Ombrófila densa de terras baixas, apresentando índices de fragilidade médio. O Morro Guarapá apresenta declividade superior a 40% e altitude chegando a 166 metros, sendo encontrados vertentes convexas e retilíneas e o índice de fragilidade é muito forte. Os morros da parte insular já apresentam nas áreas de vertentes retilíneas declividade média entre 30% a 40% com índice de fragilidade forte e muito forte. Esses morros apresentam também uma área de topos convexizados com declividade entre 12% e 20% com índice de fragilidade forte. Além de apresentar uma grande fragilidade natural, nessa área houve a substituição da mata nativa pela ocupação urbana, agravando ainda mais a fragilidade da área, pois possibilita um maior escoamento superficial.

Dentro da zona de agradação encontra-se a Unidade Terraço Marinho se encontra na área continental do município, apresentando declividades entre 0 a 5%, não ultrapassando os 30 metros. É caracterizado por um relevo de baixa energia, prevalecendo a deposição de sedimentos. A cobertura vegetal predominante é a mata de restinga com árvores de pequeno a médio porte. O índice de fragilidade é considerado de fraco a muito fraco, porém a interferência humana para ocupação pode resultar na desestabilização imediata do funcionamento do sistema, podendo provocar mudanças significativas como a desestabilização dos sedimentos arenosos que são naturalmente friáveis.

A Unidade Depósito Flúvio-Marinho apresenta-se como uma área plana sofrendo influência da variação das marés. Possui uma vegetação característica que se desenvolve na confluência das águas salgadas com as dos rios, denominada água salobra, com vegetação de baixo porte com sistema de raízes radicular e aérea sobre um solo Gleissolo. O tipo de sedimento desta unidade é inconsolidado e composto basicamente por argila devido a baixa energia de relevo que permitiu a seleção dos grãos. O índice de fragilidade potencial, relação entre a dissecação horizontal e vertical, é fraca, contudo, em relação ao índice de instabilidade potencial é médio, sendo agravado pela ocupação antrópica. (Figura 23).

Figura 23 - Carta do Instabilidade do Município de Santos
Instabilidade do Município

Figura 23 - Carta de Instabilidade do Município Santos-SP



Legenda

Convenções Cartográficas

- Limite Municipal
- Drenagem
- Estuários

Classes de Instabilidade Potencial e Emergente

- Muito Fraca - 0 a 5
- Fraca - 6 a 10
- Média - 11 a 15
- Forte - 16 a 20
- Muito Forte - 21 a 25

| | | Índice de Dissecação Horizontal | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | Muito Fraco | Fraco | Médio | Forte | Muito Forte |
| Índice de Dissecação Vertical | Muito Fraco | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | Fraco | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | Médio | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| | Forte | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| | Muito Forte | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |

| Declividade | | |
|-------------|-------------|--------|
| Grau (%) | Índice | Classe |
| <5% | Muito Fraco | 1 |
| 5% - 12% | Fraco | 2 |
| 12% - 20% | Médio | 3 |
| 20% - 30% | Forte | 4 |
| >30% | Muito Forte | 5 |

| Cobertura Vegetal/Usos | | |
|------------------------|-------------|--------|
| Tipo | Classe | Índice |
| Floresta | Fraco | 1 |
| Restinga | Forte | 4 |
| Mangue | Muito Forte | 5 |
| Área Urbana | Muito Forte | 5 |

| Solos | | |
|------------|-------------|--------|
| Tipo | Classe | Índice |
| Gleissolo | Muito Forte | 5 |
| Cambissolo | Muito Forte | 5 |

| Instabilidade | |
|-------------------|-------------|
| Soma dos Índices* | Classes |
| 1 a 5 | Muito Fraco |
| 6 a 10 | Fraco |
| 11 a 15 | Médio |
| 16 a 20 | Forte |
| 21 a 25 | Muito Forte |

* Somatória dos índices de dissecação vertical, dissecação horizontal, solos, declividade e cobertura vegetal/usos.



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.
 South American Datum 1969
 Datum vertical: Uberaba (MG)
 Datum horizontal: Marégrafo Ibituba (SC)
 Escala Real: 1:50 000
 Fonte: IBGE (1971), Biota (2008), IPT (2005), Landsat 7 (2005)



Organização: BACCI, P. H. de M (2009)
 Orientação: Prof.ª Dr.ª. Regina Célia de Oliveira

A Unidade de Planície Fluvial encontrada as margens dos rios Quilombo e Jurubatuba apresenta declividade média entre 5% a 12% com sedimentos de origem fluvial transportados pelo rio principal e seus afluentes composto basicamente por areia e silte. A cobertura vegetal é Floresta Ombrófila densa de terras baixas e solo do tipo Gleissolos e hidromórficos. A fragilidade potencial dessa unidade é média. É uma unidade com pouca representatividade em relação a área do município devido principalmente a sua formação estar ligada ao quaternário e pertence ao Parque Estadual da Serra do Mar.

Por último encontra-se a zona de depósito dividida em duas unidades: depósitos coluvionares e misto. Rampa de colúvio descreve formas de fundo de vale suavemente inclinadas associado a depósitos coluviais. Os depósitos caracterizam-se por acumulação na base da escarpa resultantes do processo de erosão em lençol com escoamento superficial ou por ação gravitacional. Nessa unidade a declividade média é em torno de 20% a 30% com uma grande heterogeneidade de material apresentando fragilidade potencial forte a muito forte.

Os depósitos Misto são áreas onde não foi possível estabelecer diferenciação entre as rampas de colúvio e a planície fluvial, sendo uma zona de transição apresentando características semelhantes aos depósitos coluvionares.

7 - Considerações Finais

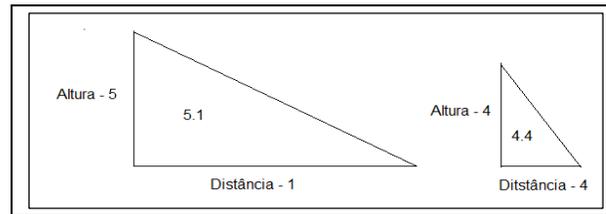
A proposta de zoneamento ambiental de Ross (1990) é baseada na construção de um material síntese organizado a partir de um processo de descrição e associação da dinâmica da paisagem através da produção de documentos cartográficos e a interrelação entre os parâmetros geomorfológicos, pedológicos, geológicos, climáticos e cobertura vegetal e uso da terra.

A análise física da paisagem dessa proposta parte de uma ordem taxonômica que define a escala, que a partir desta é definido os parâmetros para execução do zoneamento. Essa análise é realizada a partir de índices de dissecação do relevo sendo produzida em pequenas escalas através da observação das formas de vertente e declividade, enfatizando a importância do mapeamento geomorfológico como base para o zoneamento. Oliveira (2003) propõem uma adaptação do método acima, onde os índices de dissecação são obtidos através da análise do comprimento e altura da rampa dentro das bacias hidrográficas analisadas.

O método proposto por Ross (1990) sugere a produção de uma matriz de índices de dissecação relacionando dois parâmetros, a distância inter-flúvial e o grau de entalhamento dos canais, gerando uma matriz variando de 11 até 55 onde o primeiro índice representa uma fragilidade fraca e o segundo representa uma fragilidade muito forte. Neste trabalho, a obtenção do grau de entalhamento dos canais e a distância inter-flúvial através dos índices de dissecações gerou problemas de representatividade em relação a área de planície, sendo esta não bem retratada devido aos níveis de dissecação muito baixo, onde áreas que apresentam uma complexa e frágil dinâmica de funcionamento apresentam índices fracos sendo representado como áreas com alto grau de estabilidade.

Na área denudacional ocorreu uma superestimação dos índices, pois em áreas onde apresentam rampas com mais de 80 metros de altura e um comprimento de rampa longo, exemplo 5.1, são classificados com um grau de fragilidade maior que rampa com comprimento menor e altura menor mesmo apresentando uma declividade maior como exemplo uma rampa classificada em 4.4, como mostra a figura abaixo.

Figura 24 – Relação distância e altura de rampa



Nas áreas denudacionais, um agravante a susceptibilidade a erosão é a inclinação do terreno e o escoamento superficial, isto é, a relação entre a distância e a altura, considerando-as de maneira relativa, ao contrário da matriz que de forma absoluta define grandes alturas como áreas de grande fragilidade sem levar em consideração o comprimento da rampa. Nesse caso, os índices de declividade representariam de maneira mais significativa essa relação.

Outro problema encontrado nas áreas denudacionais é a relação da cobertura vegetal com o índice de fragilidade, pois florestas densas diminuem a ação das chuvas e protegem o solo da erosão sendo classificadas no índice de fragilidade como 1 (muito fraca), mas devido ao tipo de terreno apresentado na serra do mar (escarpas com alto índice de declividade) a vegetação apresenta importância secundária, pois mesmo com a sua presença a vulnerabilidade a erosão continua alta devido a outros fatores tais como o peso que a própria mata exerce sobre o terreno e o alto índice pluviométrico. Além disso, a própria cobertura vegetal exerce uma pressão devido ao seu peso nas áreas de vertentes mais inclinadas potencializando o processo erosivo.

Um ponto relevante na proposta de Ross (1990) é o intenso processo de levantamento de dados, sendo eles morfométricos, morfológicos, morfogenéticos e geológicos. Essa quantidade de informação enriquece a discussão da dinâmica da paisagem, permitindo um maior detalhamento e representatividade da área de estudo. Porém a necessidade desse levantamento de dados acarreta numa dificuldade de aquisição desses como ocorreu na produção do Mapa Pedológico, onde somente foram identificados dois tipos de solo que provavelmente não represente a realidade dos solos da região, isto devido a escala de análise do material pré-existente.

Houve também uma dificuldade na síntese de todo material, pois as diversas informações se sobrepõem dificultando a leitura desses parâmetros. Além disso, a proposta de legenda do método que é a representação das formas de vertentes em

conjunto com o índice de declividade e de fragilidade acarretam numa poluição visual do mapa síntese dificultando a leitura deste. Outro problema encontrado na área de estudo foi a discrepância entre as duas principais unidades geomorfológicas encontradas, onde a região da serra apresenta inúmeras formas de vertentes em correlação a inúmeros índices de dissecção e declividade se contrapondo a região de planície que apresenta grande homogeneidade de formas, acarretando num mapa síntese extremamente carregado de informação na parte serrana e na planície existindo grandes vazios de informação. Esse problema seria resolvido se a escala de trabalho fosse diferente para as áreas, onde na planície devido a homogeneidade do relevo exige escalas de grande detalhe para a identificação da dinâmica do sistema. Portanto, a discrepância entre as duas zonas não foi acarretada por questões metodológicas, mas sim pela diferença de paisagem apresentada no município, tendo como solução a separação dessas duas unidades onde elas deveriam ser trabalhadas com escalas diferenciadas e com atributos e parâmetros distintos na análise da paisagem.

O método proposto por Ross (1990), principalmente devido ao detalhamento minucioso da paisagem através de levantamentos cartográficos e estudos da área apresenta uma boa representação da dinâmica da paisagem podendo ser usado para auxiliar no planejamento ambiental, além de estabelecer parâmetros para identificar o grau de fragilidade da área, tanto áreas com interferência antrópicas como para áreas sem ação antrópica. Contudo, o método apresenta dificuldades quando posto em prática em áreas de grande diferença de relevo como no caso do município de Santos, privilegiando uma área com grande número de informações em detrimento a outra. Além disso, a escala adotada pode não representar qualitativamente áreas de dinâmicas diferentes, sendo necessário uma mudança de escala para não perder ou distorcer informações.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB´SÁBER A. N. Brasil: **Paisagens de Exceção: o litoral e o pantanal Mato-Grossense patrimônios básicos**. Ateliê, Cotia São Paulo, 2006.
- ALMEIDA, F. M. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim Geologia. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, n. 41., 1964.
- ALMEIDA F.M.M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, série teses e monografias, n14, 1974. NDRADE, M. A. B.; LAMBERTI, A. A vegetação. .In: Baixada Santista: aspectos geográficos. São Paulo: Edusp, 1965. v 1.
- ANDRADE, M. A. B.; LAMBERTI, A. **A vegetação. .In: Baixada Santista: aspectos geográficos**. São Paulo: Edusp, v 1. pp. 151-178. 1965.
- ARGENTO, Mauro Sérgio Fernandes **Mapeamento Geomorfológico** IN GUERRA, ^a J. T. E CUNHA, S. B. da. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1994.
- BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia Global. **Esboço metodológico**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de geografia, Cadernos de Ciências da Terra, (13). 1971.
- CARPI JUNIOR, S. **Técnicas Cartograficas Aplicadas a Dinâmica da Bacia do Ribeirão Araqua** – SP. Editora Unesp, Rio Claro, São Paulo. 1996.
- CHOLEY, R. KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1979a.
- CHRISTOFOLETTI, A, **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo, Hucitec: ed. Da Universidade de São Paulo. 1979b
- CHRISTOFOLETTI, A, **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.
- CUNHA, C. M. L., MENDES, I. A. e SANCHEZ, M. C. **A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental**. Revista Brasileira

de Geomorfologia. Ano 4, nº1. 2003.

DE BIASI, M. A **Carta Clonográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção**. In Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, São Paulo, nº6. 1992.

DIAS, R. L. **O estudo da compartimentação de Relevo do Município de Santos e o atual uso e ocupação do Solo**. Relatório Fapesp, São Paulo. 2009.

DELPOUX, M. **Ecosistema e Paisagem**. Métodos em Questão. São Paulo Instituto de Geografia, USP, 1974.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Editora Uicamp, traduzido por Marise Manoel, 2001.

FÚLFARO, V. J., SUGUIO, K. PONÇANO W. L. **A gênese das planícies costeiras paulistas**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28., Porto Alegre-RS, Anais, Porto Alegre-RS, 1974.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física Rio de Janeiro**, Bertrand Brasil, 1992.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IAC, Instituto Agronômico de Campinas. **Mapas Pedológicos do Estado de São Paulo: legenda expandida** / Oliveira, João Bertoldo de...[et al.]. Embrapa. Campinas. 1999.

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo**. Monografias, nº. 6, v. I-II, 1981.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis de pesquisa geográfica**. Métodos em Questão. São Paulo, Instituto de Geografia, USP, 1971.

MARION, P. H. G. **A evolução da mancha urbana do município de Santos-SP no período de 1973 – 2008**. 54p. (Monografia), Universidade Estadual Campinas, Campinas-SP, 2008.

MATTOS, S. H. V. L. e PEREZ FILHO, A. **Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema**. Revista Brasileira de Geografia, 2004.

MARTIN, L. e SUGUIO, K., **O Quaternário marinho do litoral do estado de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Geologia (29). Ouro Preto–MG. 1976.

MACHI, D. A. **Análise do Relevo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade**. (Monografia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2005.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira** IN: CUNHA, S. B. e GUERRA, ^a Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos, Rio de Janeiro, Bertrand Brasileiro. 1994.

MUEHE, D. **O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação** IN: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. Geomorfologia do Brasil, Rio de Janeiro, Bertrand Brasileiro. 1998.

OLIVEIRA, R. C. **Zoneamento Ambiental como subsídio ao planejamento no uso da terra do município de Corumbataí-SP. 2003.** 220p. (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), UNESP - Rio Claro, Rio Claro. 2003.

RODRIGUES, J. M. M. & SILVA, E. V. & CAVALCANTI, A. P. B. (orgs.) **Geoeologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Editora: UFC, 2004.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo, Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo.** In: Revista do Departamento de Geografia. n° 06, FFLCH/USP. São Paulo, 1992

ROSS, J.L.S **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n° 8, 1994.

ROSS, J.L.S.; MOROZ I. C.. **Mapas geomorfológicos do estado de São Paulo.** 1997.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídio para o planejamento ambiental.** Rio de Janeiro, Oficina de Texto, 2006.

SANTOS, A. R. **A Grande Barreira da Serra do Mar: da trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes** Editora Nome da Rosa, São Paulo (SP), 2004.

SILVA, J. X. **Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento.** In Revista Brasileira de Geomorfologia V. 1, n 1 pp 48 a 58. 2000.

SPIRIDONOV, A. I. **Princípio de la Metodologia de las nvestigaciones de Campo y la Mapeo Geomorfológico.** Havana: Universidad de la Havana, Faculdade de Geografia, 1981.

SOCTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em questão, 16. IG-USP. São Paulo, 1977.

SOTCHAVA, V. **Por uma Teoria de Classificação da Geossistemas Terrestres.** In Biogeografia n° 14, IGEOG/USP, São Paulo, 1978.

SUGUIO, Kentiro. **A Importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas Afins.**

Revista brasileira de geomorfologia, União da Geomorfologia brasileira. 2000.

SUGUIO, K. e MARTIN, L. **Mecanismos de Gênese das Planícies Sedimentares Quaternárias do Litoral do Estado de São Paulo**. In Congresso Brasileiro de Geologia (29). Ouro Preto–MG: p 295-305. 1976.

SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUEZ, J.M.L., FLEXOR, J.M., AZEVEDO, A.E.G. **Flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira**. In Revista Brasileira de Geociências. Vol. 15 nº 4. 1985.

SUGUIO K. e MARTIN **Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul-fluminense**. IN: Internacioanl Simposium on Coastal Evolution. 1978

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

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem Sistêmica e Geografia**. Revista Geografia, v. 28, n. 03, 2003.