

Cartografia Digital Aplicada à Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu – SC

**Geógrafo Giovanni Colossi Scotton, Mestrando ¹
Profa. Mariane Alves Dal Santo, Doutoranda ²
Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira ³**

**¹ UFSC - Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC/UFSC
88040-970 Florianópolis SC
giovanni_cs@yahoo.com.br**

**² UFSC - Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC/UFSC
88040-970 Florianópolis SC
marianedalsanto@udesc.br**

**³ UDESC - Laboratório de Geoprocessamento da FAED
Centro de Ciências da Educação – Departamento de Geografia
88010-020 Florianópolis SC
chicoliver@yahoo.com.br**

Resumo: Este artigo tem como objetivo analisar a importância da Cartografia Digital nos estudos de bacias hidrográficas, ressaltando a eficiência e o dinamismo na elaboração de mapas, quando processados em ambiente digital. Usa como documento base a Carta Topográfica a qual contém os elementos matemáticos indispensáveis de proporção, sistematização e referência, além dos elementos planimétricos de caracterização do uso do solo (rede hidrográfica, rede viária, vegetação, etc) e os elementos altimétricos de caracterização, do relevo (curvas de nível e pontos cotados). A partir da altimetria, obtêm-se informações morfométricas essenciais na análise de bacias hidrográficas, tais como: declividade, hipsometria, perfis de terreno, cálculo de áreas, densidade de drenagem, entre outros. Em ambiente digital, com a utilização de Modelagem Numérica de Terreno (MNT), estas informações são obtidas com rapidez e precisão, tornando o processo de elaboração de mapas morfométricos, significativamente, mais dinâmico.

Palavras chaves: Cartografia Digital, Modelo Numérico de Terreno; Bacia Hidrográfica.

Abstract: The digital cartography represents a fundamental tool in the support variables identification. For elaboration of processing data which became analysis in watershed, was used a Geographical Information System (SIG). One of the main advantages for planning through GIS is to present data in different detail levels, inside of holistic or analytical focuses in studied area. In these cases, the information model has to be organized in layers. This strategy makes possible to obtain infinity combinations and comparisons among different alternatives action. In this study, we detached Digital Terrain Model (DTM) generation, developed in SPRING 4.0 software, and the derivatives morphometric products; such as declivity and hypsometric chart, land profiles, drainage density, among others. The resources showed to be extremely efficient and lives agilely the process of elaborating morphometrical maps, revealing a strong potential, with quickness and precision making.

Keywords: Digital Cartography; Digital Terrain Model; Watershed.

1. Introdução

A análise de uma bacia hidrográfica começa pelo estudo da Carta Topográfica, que possibilita a delimitação dos elementos básicos de localização, bem como, elementos de referência, ligados aos sistemas de projeção. Estes elementos são compostos pelas coordenadas geográficas (lat/long) e pelas coordenadas planas (UTM) e são considerados elemento de sistematização, caracterizados pela série cartográfica, que consiste na articulação das folhas topográficas que englobam a bacia. Possui também, elemento de proporção, composto pela escala; estes elementos constituem a base matemática de uma Carta Topográfica.

Sobre esta base matemática se localizam os elementos altimétricos, compostos pelas curvas de nível e pelos pontos cotados, e, elementos planimétricos, compostos pela hidrografia, vegetação, rede viária, área urbana, agricultura, entre outros.

Dos elementos altimétricos são extraídas informações morfométricas, fundamentais na análise do relevo, como: declividade, orientação de vertentes, hipsometria, dissecação vertical, dissecação horizontal, perfil topográfico, entre outros.

Com a introdução dos métodos quantitativos e com o desenvolvimento tecnológico, a partir da década de 70, a representação cartográfica e a análise geográfica ganharam em rapidez, precisão e eficiência, a partir da introdução de métodos e técnicas desenvolvidas na Cartografia Digital, com o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

A informação analógica passou então, a ser concebida como informação digital, georeferenciada e armazenada na forma de planos de informação (layers) com estruturas vetorial e raster. A este conjunto de tecnologias para análise da informação espacial, tem sido atribuído o termo Geoprocessamento (CÂMARA, CASANOVA et al, 1996).

Estes recursos atingiram a análise de bacias hidrográficas no que diz respeito a morfometria do relevo. Os elementos altimétricos da carta topográfica, curvas de nível e pontos cotados, são manipulados em Modelos Numéricos de Terreno (MNT) e algoritmos de interpolação que permitem a obtenção de informações relativas a orientação e declividade de vertentes, a hipsometria, ao perfil topográfico, aos modelos tridimensionais, entre outras informações morfométricas.

Tomando-se como exemplo a Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu, foi criado, no programa SPRING, um banco de dados digital dos elementos altimétricos e planimétricos da bacia, que possibilitaram a partir do Modelo Numérico de Terreno (MNT), a geração do mapa hipsométrico, do mapa de declividades, cálculo de áreas, densidade de drenagem, perfis de terreno, declividade das vertentes; elementos indispensáveis na análise da bacia hidrográfica.

2. Localização da Área de Estudos

A bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, localizada na porção central do litoral catarinense, apresenta como limites as coordenadas 27° 22' e 27° 34' de Latitude Sul e 48° 56' e 48° 38' de Longitude Oeste. (Figura 1)

A bacia possui uma área de aproximadamente 389 Km², compreendendo o Município de Antônio Carlos e parte do Município de Biguaçu. Apresenta como divisores de águas ao norte a Serra de São Miguel e a Serra do Macaco Branco, a oeste as serras do Major e das Congonhas, ao sul as Serras do Pai João e Santa Filomena e a leste a Praia do Tamanco ou João Rosa.

As principais vias de acesso à área de estudo estão representadas pelas rodovias Federal BR-101 e Estadual SC – 408. A primeira liga Biguaçu a Florianópolis ao sul (distância de 18 Km), e à Itajaí ao norte (aproximadamente 90 Km). A segunda liga Biguaçu a Antônio Carlos numa distância de 15 Km. Outras estradas secundárias, não pavimentadas, permitem cruzar a bacia em várias direções, possibilitando acesso a toda área.



Figura 1: Localização da Área de Estudos

3. Características Físicas da Área de Estudos

A planície situada na área da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu é constituída principalmente por Cobertura Sedimentar Quaternária de origem, parte fluvial parte marinho-transicional, formada por uma sucessão de cristas praias e depósitos marinhos. Nas serras, ocorrem formações oriundas do embasamento cristalino, tendo como origem rochas de tipo magmáticas ou ígneas. Como testemunho podemos citar o Granito. "Rocha magmática, que ocorre juntamente com os gnaisses, constituindo o substrato da crosta siálica que formam os blocos continentais".(LENZ, 1995, p.43).

Na área ocorrem vários tipos de solos que atuam não somente com o clima da região, mas também com os processos hidrológicos. Desta maneira seu estudo é de extrema importância para qualquer tipo de análise em bacia hidrográfica. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, a região da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, apresenta os seguintes tipos de solo: Gleissolo pouco Humico, Gleissolo Háplico, Cambissolo, Cambissolo Háplico, Neossolo Lítico, Argissolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarenico. Dentre estes o solo de maior predominância na região é o Argissolo Vermelho Amarelo. Seguindo na ordem de maior ocorrência estão os Cambissolos, Gleissolos e por fim em menor porções são encontrados os Neossolos Quartzarenicos que se localizam próximo á foz do Rio Biguaçu não estendendo-se por muitos quilômetros até seu interior.

A vegetação predominante na região é a Floresta Ombrófila Densa ou Mata Atlântica. Abrange grande parte das planícies e serras da região, e sofre intensa influencia do oceano atlântico, apresentando elevada umidade e baixa amplitude térmica.

Sua composição florística é intensamente variada tendo a presença de samambaias arborescentes, bromélias e palmeiras, além de figueiras, jerivás (palmeira) e palmitos (*Euterpe edulis*). Devido aos desmatamentos grande parte de sua composição original foi alterada o que causa desequilíbrios irreversíveis na biodiversidade. Este processo se dá em grande parte, devido a extração intensa de madeiras nobres pertencentes a esta floresta que tem grande valor comercial para o mercado. Os cortes ilegais também ajudam no processo podendo causar inclusive extinções de espécies vegetais e animais. Atualmente, em grande parte das áreas desmatadas encontram-se campos de pastagens e culturas.

O clima da região está inserido no contexto geral do clima sul brasileiro. Suas interações e processos atuam de maneira dinâmica e complexa no que diz respeito ao clima podendo desta forma influenciar todo e qualquer processo hidrológico local.

O clima da região sul pode ser considerado como mesotérmico temperado com chuvas bem distribuídas durante todo ano, sem estação de seca; os fatores que influenciam neste tipo climático são principalmente a posição geográfica e relevo.

O clima da região sul pode ser considerado como mesotérmico temperado com chuvas bem distribuídas durante todo ano, sem estação de seca; os fatores que influenciam neste tipo climático são principalmente a posição geográfica e relevo. A bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, pertence ao conjunto das bacias do leste catarinense, apresentando drenagem perene, fato este derivado da homogeneidade

pluviométrica derivada das características regionais de estações de chuvas bem definidas. O rio principal é o Biguaçu tendo como tributários na margem esquerda, os rios da Saudade, Três Riachos, Rachadel, Farias e Braço do Norte. Os tributários da margem direita são de menor expressão, tendo com isso um papel secundário no que se relaciona à alimentação da corrente principal, destacando-se o Rio Louro e o Ribeirão Vermelho. Alguns rios tiveram seus canais alterados por obras de reestruturação, visando eliminar trechos sinuosos que facilitavam as enchentes na região.

4. Matérias e Métodos

4.1 Descrição do Sistema utilizado no Projeto: SPRING 4.0

O produto SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um banco de dados geográfico de 2ª geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambientes UNIX e Windows (CÂMARA, SOUZA et al, 1996) com as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realizar a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;
- Prove um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);
- Consegue escalonabilidade completa, isto é, ser capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde micro-computadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

Para alcançar estes objetivos, o SPRING é baseado num modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL. Algoritmos inovadores, como os utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens e geração de grades triangulares, garantem o desempenho adequado para as mais variadas aplicações.

4.2 Metodologia Desenvolvida no Projeto

Como etapa inicial do projeto, foi definida a área de estudos, em cartas topográficas do IBGE e DSG na escala de 1:50000, conforme tabela abaixo

Tabela 1 – Cartas Topográficas utilizadas no projeto

CARTA:	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	FLORIANÓPOLIS	SÃO JOÃO BATISTA	BIGUAÇU
FOLHA:	SG-22-Z-D-V-1	SG-22-Z-D-V-2-MI-2909/2	SG-22-Z-D-II-3	SG-22-Z-D-II-4
ORIGEM:	51° Long. W	51° Long. W	51° Long. W	51° Long. W
DATUM:	Chuí, MG	SAD69	Chuí, MG	Chuí, MG
ANO:	1974	1981	1974	1974

Utilizou-se procedimentos específicos do SIG – SPRING, para o desenvolvimento do projeto.

No módulo IMPIMA, as cartas topográficas escaneadas em formato “TIFF”, foram salvas com a extensão do tipo “GRIB” permitindo assim a utilização das mesmas pelo software.

No módulo principal do SPRING foi criado um projeto e um banco de dados com o nome da Bacia Hidrográfica. Nesta etapa foram estabelecidos os parâmetros cartográficos necessários a geração do projeto e ao georeferenciamento da base cartografia como: as coordenadas da área do projeto, o Datum Geodésico e a longitude de origem.

4.2.1 Geração do Mapa da Rede Hidrográfica

Após foi efetuado o registro das cartas topográficas através do estabelecimento dos “pontos de controle” ou GCP (Ground Control Points). Este processo é utilizado para o georeferenciamento e posterior inserção no projeto das cartas em formato “GRIB” através de mosaicagem.

Foi então, definido um Modelo de Dados do tipo imagem, tornando possível a etapa de importação da base cartográfica georeferenciada.

Na etapa seguinte, foram criados os Planos de Informação (Tabela 2) que farão parte do Mapa da Rede Hidrográfica (Figura 2).

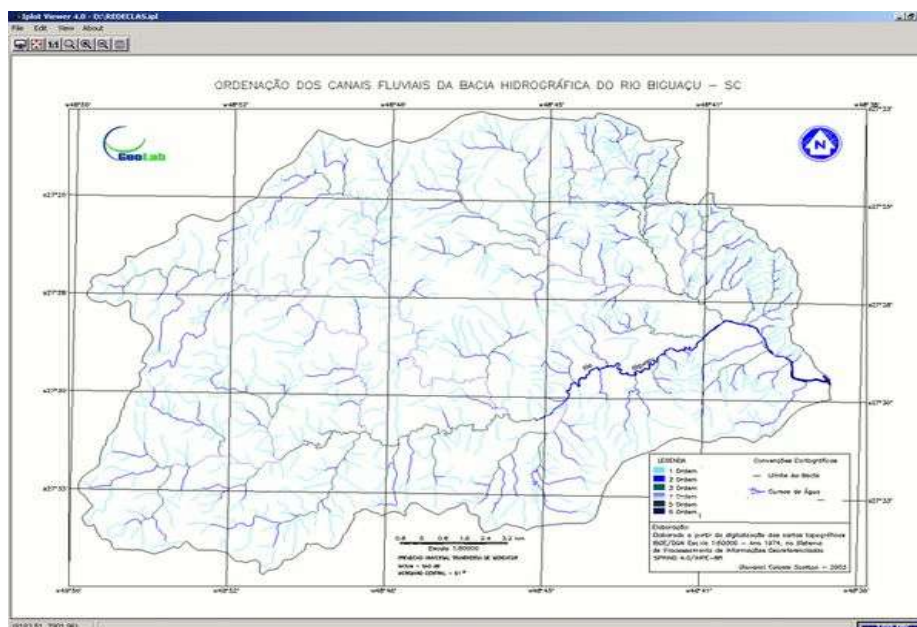


Figura 2: Mapa da Rede Hidrográfica, apresentando a hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu.

Tabela 2 – Planos de Informação

Plano de Informação	Tipo	Característica
1 – Limite da Bacia	Temático	Vetor
2 – Rede Hidrográfica	Temático	Vetor
3 – Rede Viária	Temático	Vetor

A seguir inicia-se o processo de vetorização manual - A vetorização consiste na individualização das entidades que sofreram um processo de generalização (escaneamento). Ela pode ser executada através dos métodos manual, semi-automático e automático.

1 – Limite da Bacia: O limite da bacia foi vetorizado, tendo como base as cartas topográficas do IBGE, utilizando-se técnicas de identificação de divisores de águas e cotas altimétricas respeitando as curvas de nível com seus respectivos valores. Este vetor foi definido como um polígono fechado com sua linha ajustada e posteriormente foi rasterizado e transformado em matriz. O limite desempenha papel fundamental para identificação da região além de ser capaz de calcular a área do projeto com extrema acurácia.

2 – Rede Hidrográfica: Este processo estabelece linhas vetoriais desprovidas de valores numéricos. Após a vetorização as linhas foram poligonalizadas e a elas atribuídas a classificação hierárquica para cada curso de água.

A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isto é realizado para facilitar e tornar mais objetivo o estudo morfométrico (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

Estas classes receberam um valor referente ao grau de ordenação a que pertenciam os canais dispostos na carta base tornando possível sua hierarquização.

Os menores canais, sem tributários são considerados como de primeira ordem. Os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens. E assim sucessivamente. (STRAHLER, 1987).

Para uma melhor visualização deste processo de ordenação a Figura 3, representa de forma clara este processo executado em meio digital.

Este processo estabelece padrões utilizados em bacias hidrográficas especialmente no que diz respeito a cálculos referentes a extensões da rede hidrográfica, densidade de drenagem, grau de ordenação, extensão do rio principal entre inúmeras outras relações digitais de extrema eficácia e precisão.

3 – Rede Viária: À este plano de informação foram atribuídas classes distintas: Rodovias Pavimentadas, Rodovias não Pavimentadas e Caminhos ou Trilhas, tendo por base as convenções cartográficas presentes nas cartas topográficas do IBGE. A rede viária é um importante elemento de localização dentro da bacia hidrográfica que proporciona ao interprete condições de identificar a intensa atividade antrópica presente em quase toda área.

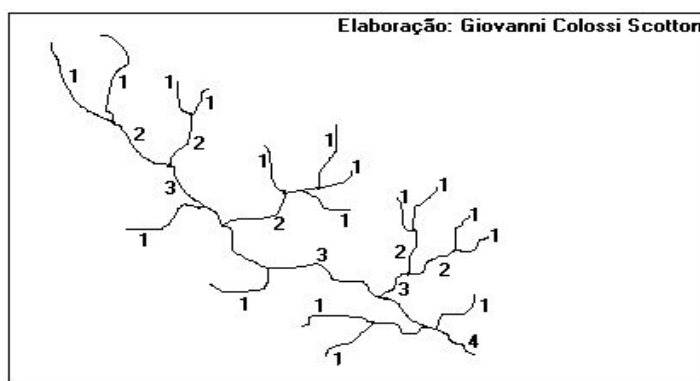


Figura 3: Ordem ou hierarquia fluvial em bacias hidrográficas, conforme Strahler, 1987.

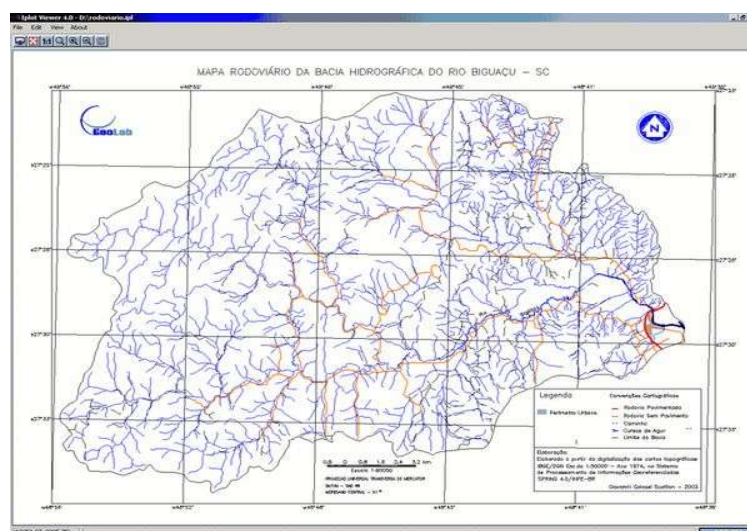


Figura 4: Mapa da Rede Viária da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu

4.2.2 Geração do Modelo Numérico de Terreno (MNT)

A vetorização das curvas de nível permitiu a elaboração de uma série de processos necessários a obtenção do MNT.

O Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real (TEIXEIRA, 1997). Para obter esta representação é necessário fazer a vetorização de linhas e pontos, que constituirão as amostras para posteriormente gerar interpolações (grades) e obter produtos, tais como mapa de declividade, mapa hipsométrico, perfis de terreno, etc.

Na vetorização de linhas o cursor acompanha os contornos, abertos ou fechados, definidos no mapa. O usuário associa à linha um valor de coordenada z (cota).

Na vetorização de pontos aplica-se manualmente o cursor a um ponto, e suas coordenadas (x, y) são registradas. O usuário associa ao ponto um valor de coordenada z (cota).

As curvas de nível da base cartográfica na escala de 1:50000, apresentam-se com uma equidistância de 20 metros, com curvas mestras de 100 em 100 metros. Nesta etapa também foram identificados os pontos cotados, que representam os topos de morros e diferenças de altitude na planície, nos intervalos de 0 a 20 metros.

Um mapa de MNT deverá estar associado a uma categoria do modelo numérico, onde o processo de modelagem espacial é definido por geocampos, assim para uma dada área geográfica, um geocampo numérico associa, a cada ponto do espaço, um valor real.

Um mapa de MNT pode ser armazenado na forma vetorial (quando a representação referente às amostras ou grade triangular existir) ou matricial (quando uma grade regular existir).

Na representação vetorial, a topologia pode ser do tipo arco-nó, com arcos que se conectam entre si através de nós (ponto inicial e final) ou Grade Triangular (TIN). Neste último, os arcos se conectam através de pontos, formando uma malha triangular.

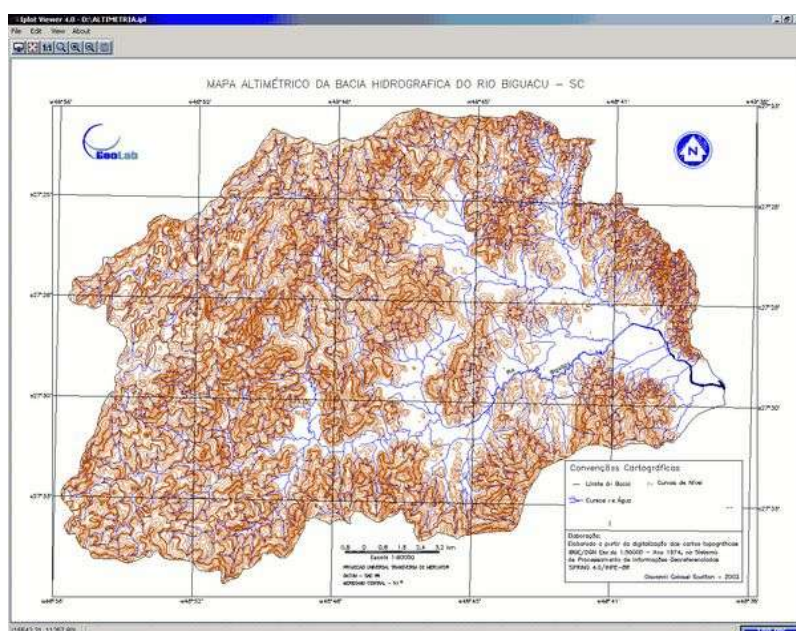


Figura 5: Mapa Altimétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu

A representação matricial é do tipo grade retangular, ou seja, uma dada área será dividida em células de tamanho fixo, onde cada célula terá um valor de acordo com o tipo de dado amostrado e o interpolador utilizado.

4.2.2.1 Geração de Grade Retangular

A grade retangular (Figura 6) ou regular é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces retangulares. Os vértices desses poliedros podem ser os próprios pontos amostrados, caso estes tenham sido adquiridos nas mesmas localizações x,y que definem a grade desejada.

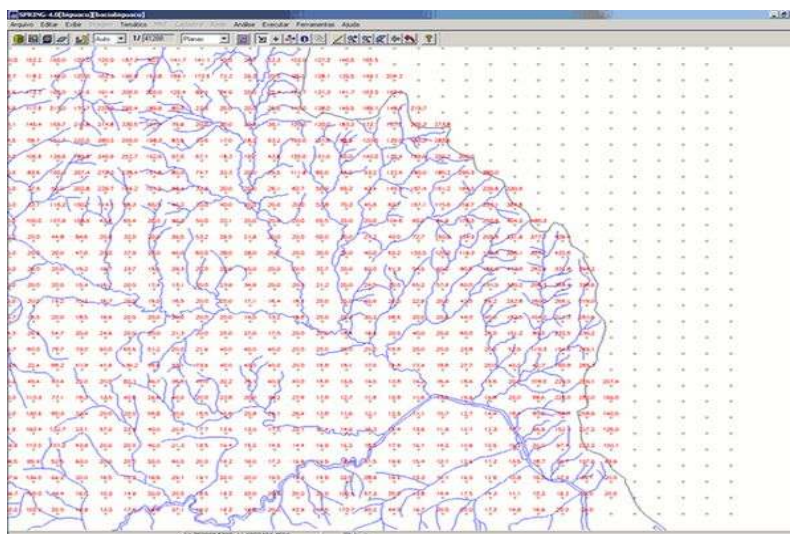


Figura 6: Tela do SPRING apresentando a Grade Retangularde parte da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçú

A geração de grade regular ou retangular deve ser efetuada quando os dados amostrados na superfície não são obtidos com espaçamento regular. Assim, a partir das informações contidas nas isolinhas ou nos pontos amostrados, gera-se uma grade que representa de maneira mais fiel possível a superfície. Os valores iniciais a serem determinados são os espaçamentos nas direções x e y de forma que possam representar os valores próximos aos pontos da grade em regiões com grande variação. Ao mesmo tempo, devem reduzir redundâncias em regiões quase planas.

4.2.2.2 Geração de Grade Triangular

Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular (Figura 7), cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as discontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície.

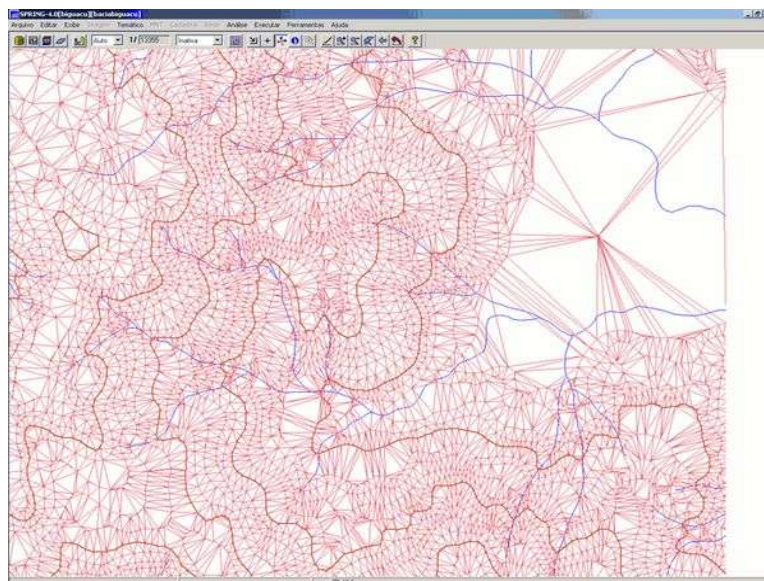


Figura 7: Tela do SPRING apresentando a Grade Triangularde parte da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçú

4.2.2.3 Geração da Imagem de Sombras

Analisar uma grade retangular ou triangular simplesmente não dá uma idéia o todo, isto é, dos parâmetros que se está modelando, por isso é conveniente ao interprete transformar a grade em um produto mais agradável de ser analisada.

O SPRING permite gerar imagens em níveis de cinza (NC) a partir de um MNT considerando o intervalo entre 0 (preto) e 255 (branco), isto é, números reais da grade são transformados em valores inteiros, dentro do intervalo de NC, ou ainda em uma imagem sombreada (Figura 8) onde se considera o ângulo azimutal e de elevação de uma fonte luminosa.

Para esta Imagem Sombreada, foram fornecidos alguns parâmetros de iluminação:

- Azimute em graus – que corresponde à posição da fonte luminosa, a partir do Sul (eixo y), variando de 0° a 360°, no sentido anti-horário, foi escolhido o valor de 45°;
- Elevação em graus – que corresponde ao ângulo entre a fonte luminosa e o plano da superfície, varia de 0° a 90°, foi escolhido o valor de 45°;
- Exagero de relevo – que é o valor de acréscimo na escala vertical da superfície em relação à escala horizontal foi escolhido o valor de 1,5.

Este processo permite ao interpretador, uma melhor observação sobre todos os aspectos referentes a composição distribuição e organização espacial do relevo, em especial a dinâmica dos processos hidrológicos estabelecendo condições favoráveis a análises mais acuradas sobre bacias hidrográficas.

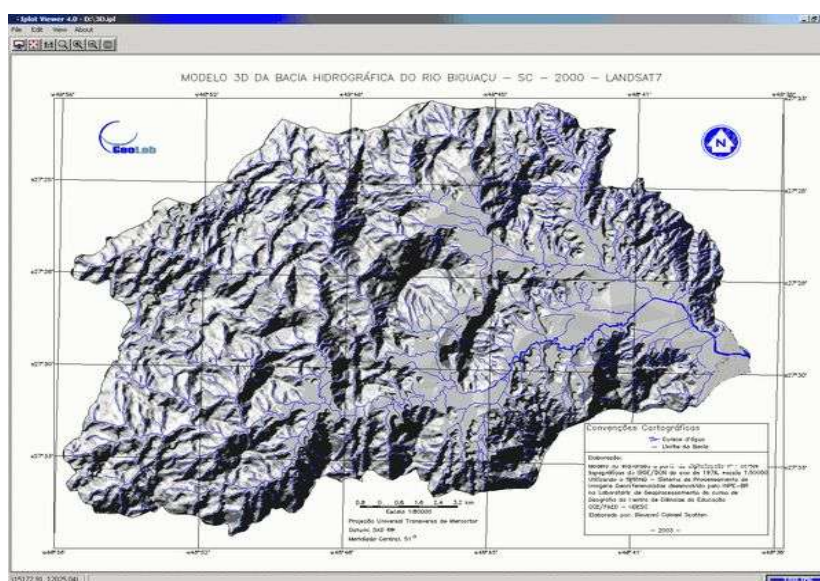


Figura 8: Imagem de Sombras da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu

4.2.3 Geração do Mapa de Declividade

Declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá a inclinação deste plano em relação ao plano horizontal.

Dando continuidade aos processos em desenvolvimento, foi então gerado o Mapa de Declividade. Contudo para gerar a declividade foi necessário executar um fatiamento. O fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, chamados no SPRING de fatias. Desta forma, um Plano de Informação da categoria numérica originará um Plano de Informação de categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno, conseqüentemente cada fatia deve ser associada a uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo.

Para geração do Mapa de Declividade (Figura 9) foram estabelecidas as fatias, valores de declividade em porcentagem segundo a Legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina, “Sobre porcentagens e graus de inclinação do terreno. Estes valores correspondem: de 0% a 30%, de 30% a 46,6% e de 46,6% a 100%”. A declividade foi desenvolvida a partir de cálculos matemáticos onde foi utilizada a grade retangular para sua geração este processo se dá automaticamente no software SPRING, necessitando ao operador apenas atribuir ao sistema alguns comandos básicos.



Figura 9: Mapa de Declividade

4.2.4 Geração do Mapa Hipsométrico

Da mesma forma que foi feito o fatiamento em classes para a geração da declividade, foi repetido o processo para geração da hipsometria. As classes foram criadas na seguinte ordem: segundo a altimetria, de 0 a 200 m, de 200 a 300 m, de 300 a 400 m, de 400 a 600m, de 600 a 800 m, e de 800 a 1000 m. (Figura 10).

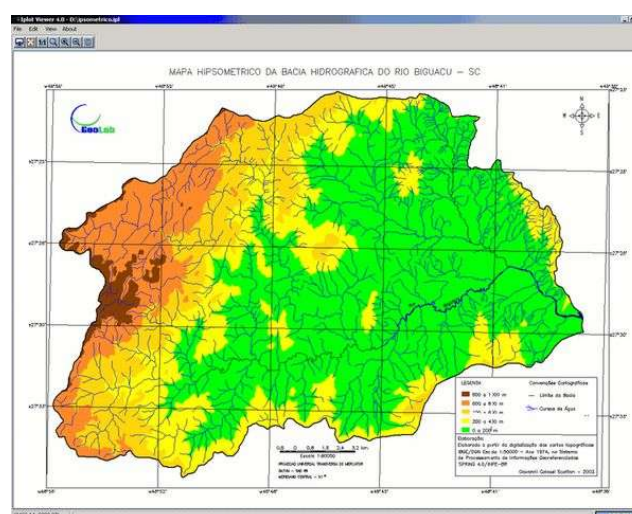


Figura 10: Mapa Hipsométrico

4.2.5 Geração de Perfis do Terreno

Um dado do tipo MNT, como uma superfície topográfica, pode ser representado através de perfis que descrevem a elevação dos pontos (valor de z) ao longo de uma linha. Este aplicativo é realizado sobre dados do modelo numérico (grades ou isolinhas) no formato raster, expondo-se em um gráfico o valor de z equivalente aos pontos que definem a trajetória.

O perfil é traçado a partir de um trajeto de linha definido pelo usuário ou a partir de linhas que foram previamente digitalizadas e que pertençam a dados do modelo temático, cadastral ou rede.

Para considerar as linhas dos Planos de informação dos modelos citados é necessário que eles estejam ativos em uma única tela de visualização.

Podem ser selecionados até 5 trajetórias em um mesmo PI e seus perfis expostos em um único gráfico. As Figuras 11 e 12 representam a configuração dos perfis gerados no SPRING.

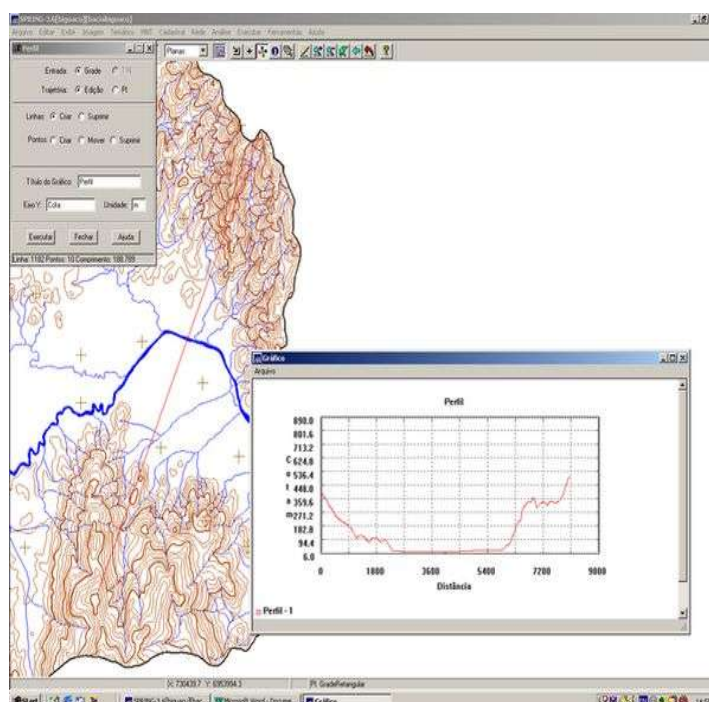


Figura 11: Perfil transversal do Rio Biguaçu

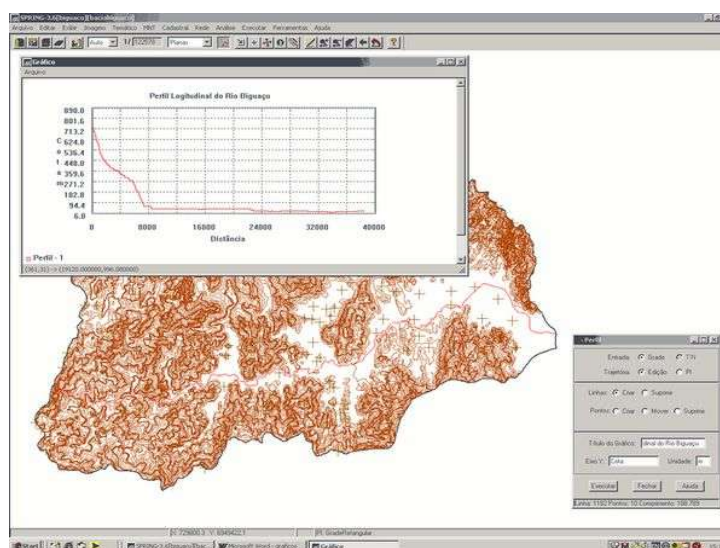


Figura 12: Perfil longitudinal do Rio Biguaçu

4.2.6 Medidas de Classes

Um plano de informação temático pode conter as representações matriciais (raster) e vetorial. Após a vetorização dos dados de um plano de informação temático (pontos, linhas e polígonos), o usuário pode converter a representação vetorial em matricial, e dispor das duas para o mesmo PI.

O relatório de medidas de classes apresenta os valores de área e comprimento caso a representação seja vetorial, e somente área caso da representação matriz (imagem temática), ambos em quilômetros quadrados.

Este procedimento foi necessário para calcular a área da bacia, através do plano de informação limite da área (vetor, matriz). E o comprimento dos canais, através do plano de informação rede hidrográfica (vetor). A partir destes resultados obteve-se o cálculo da densidade de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu.

5. Resultados e discussões

A análise das dificuldades mais relevantes detectadas na elaboração e na implementação do planejamento de bacias hidrográficas indica que, para ter maiores chances de sucesso, deve-se partir de alguns pontos chave como: a definição do problema; a capacidade de lidar com a complexidade da bacia; identificar o conjunto de interesses que contribuem para o estado atual da bacia e encontrar maneiras de lidar com uma bacia hidrográfica para que possamos obter o maior aproveitamento possível. Deste modo, a cartografia digital representa uma ferramenta fundamental no apoio a identificação de variáveis. A cartografia computadorizada é uma forma de representação gráfica que consiste basicamente na dinamização técnica da cartografia tradicional, através de procedimentos digitais assistidos por computador, tornando suas aplicações mais versáteis (CASTRO, 1993). Para a elaboração de processos que venham a servir para uma análise em bacia hidrográfica, se fez necessário a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Uma das principais vantagens do SIG para planejamento é poder apresentar os dados em diferentes níveis de detalhe, dentro de enfoques holístico ou analítico com que se estuda a região. Nestes casos, os dados (ou modelo de informação) têm que ser organizados em níveis (ou layers) de apresentação e de maneira que não necessariamente se passe de um nível a outro numa seqüência obrigatória. Esta estratégia possibilita a obtenção de uma infinidade de combinações e comparações entre diferentes alternativas de ação.

Neste estudo, destaca-se a geração do Modelo Numérico de Terreno (MNT), desenvolvido no SPRING. No processo de modelagem de terreno foi possível distinguir três fases; aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas.

O Mapa de Declividade (Figura 9) evidenciou que espacialmente predominam os intervalos de baixa declividade (0 a 30%). De maneira geral, essas declividades indicam, do ponto de vista estritamente da inclinação de encostas, um baixo potencial erosivo da paisagem pelos processos ligados ao sistema de encostas e interflúvios. Entretanto, apenas um estudo integrando outros componentes tais como geometria de forma, litologia e processos de erosão/sedimentação poderão definir o grau de vulnerabilidade das unidades geomórficas presente na bacia do rio do Biguaçu.

Uma análise mais detalhada da Carta de Declividade apresenta a ocorrência de três grandes conjuntos de classes de declividades, a saber:

Tabela 3 - Classes de Declividade e suas características

Classes de declividade	Características
0 a 30%	Caracterizada como de baixa a média declividade, tende a se desenvolver nas unidades de relevo ligadas a atuação de processos de agradação/degradação do sistema fluvial (0%) e do sistema de encostas e interflúvios. Associa-se a morfologia de colinas com topos alongados e encostas suavizadas com amplitudes de relevo inferiores a 100 metros ocorrendo, principalmente, na área leste da bacia hidrográfica. Do ponto de vista exclusivamente de gradiente de encostas esse conjunto é considerado como de baixo potencial erosivo;
30 a 46%	Caracterizada como de média a alta declividade, tende a ocorrer de forma segmentada nas áreas de alto curso das drenagens, intimamente associada a variações quanto a resistência da litologia aflorante. Embora estejam na maior partes das vezes vinculadas ao desenvolvimento de vales com controle litológico, os processos atuantes predominantes acham-se ligados ao sistema de encostas e interflúvios. Associa-se a relevos com desnivelamento de 100 a 300 metros.
46 a 100%	Caracterizada como de alta a muito alta declividade, desenvolve-se sobre as unidades morfológicas de relevos residuais, as quais representam os divisores d'água superiores da bacia hidrográfica. Relaciona-se a desnivelamentos superiores a 300 metros. Apresentam, do ponto de vista estritamente da inclinação de encosta, um alto potencial erosivo.

Observação: foi gerada uma classe >100% para as áreas escarpadas das serras, porem sem valor significativo.

O fator declividade também ficou evidenciado através da geração dos perfis de terreno. Foram elaborados perfis transversais e longitudinais do Rio Biguaçu. O perfil transversal (Figura 11), apresenta a declividade das encostas acompanhado de uma ampla área de planície no baixo curso do rio. O perfil longitudinal (Figura 12) traçado desde a nascente até a foz, apresenta um alto grau de declividade no alto curso do rio, acompanhado de uma ruptura de declive no seu médio curso e a seqüência de uma baixa declividade no seu baixo curso.

A hipsometria preocupa-se em estudar as interações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante à sua distribuição em relação às cotas altimétricas, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada base. Os estudos hipsométricos possibilitam conhecer o relevo, que por sua vez interfere decisivamente no processo erosivo, principalmente através do escoamento superficial das águas, interagindo desta forma diretamente no comportamento estrutural de bacias hidrográficas. A composição topográfica de uma área drenada está estritamente relacionada com fenômenos de erosão que se processa na superfície. Também através da hipsometria é possível detectar o índice de dissecação do relevo.

Às classes altimétricas estabelecidas na metodologia: 0 a 200 m, 200 a 400 m, de 400 a 600 m, de 600 a 800 m, e de 800 a 1000 m., foram atribuídas cores segundo normas técnicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1993, p.29) pela ordem crescente: Verde, Amarelo, Laranja Claro, Laranja e Marrom, que resultaram no Mapa Hipsométrico (Figura 10).

Após foram analisadas as suas respectivas características em relação a área de abrangência, conforme tabela abaixo:

Tabela 4 - Classes Hipsométricas e área de abrangência

Classes Hipsométricas (m)	Área (Km ²)	Área (%)
0 a 200	203,34	53
200 a 400	78,26	20
400 a 600	49,93	13
600 a 800	45,62	12
800 a 1000	8,48	2
Total	385,65	100

Pela análise da Tabela 4 pode-se verificar que a maior parte da área da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu está situada entre 0 e 200 metros de altitude, ou seja, perfazendo um total de 53%. As regiões onde há predominância de altitudes variando de 200 a 400 metros, abrangem cerca de 20% da área da bacia hidrográfica. Já a alternância entre 400 a 600 e de 600 a 800 metros perfazem quase que igualmente suas áreas, a primeira com 13% e a segunda 12% da área total da bacia. Por fim, caracterizando a menor área da bacia, apresenta-se as regiões compostas entre as altimetrias variando de 800 a 1000 metros, compondo cerca de 2% da área total calculada.

A importância da hipsometria na análise de bacias hidrográficas vem de encontro as necessidades de se

conhecer os diferentes patamares de altitude da bacia para determinar seu uso adequado as necessidades ambientais.

Na análise areal da sub-bacia hidrográfica utilizou-se três variáveis morfométricas, a saber:

- Área da bacia, correspondendo à área drenada pelo conjunto da rede de drenagem, a qual foi calculada em km^2 ;
- Comprimento total dos canais de drenagem obtido a partir do emprego do em km, o qual é verificado em função do traçado do segmento do rio, associado à escala do mapa;
- Densidade de Drenagem (Dd): corresponde a relação entre o comprimento total de todos canais de drenagem (km) e a área da bacia (km^2).

Visando obter uma classificação descritiva quanto aos valores de densidade de drenagem no conjunto das sub-bacias, adotou-se a proposta desenvolvida por STRAHLER (1960, apud CHRISTOFOLETTI, 1980), a qual define os seguintes valores médios em escala métrica (km/km^2):

menor que 7,5 m = baixa Dd;
entre 7,5 e 10,0 m = média Dd;
maior que 10,0 m = alta Dd.

A bacia hidrográfica do Rio Biguaçu, com uma área de drenagem de 382 km^2 e comprimento total dos canais de 582 km, possui uma densidade de drenagem de $1,52 \text{ km}/\text{km}^2$.

6. Conclusões

Através da aplicação da metodologia conseguiu-se evidenciar que a bacia do rio Biguaçu é controlada por fatores morfológicos que diferenciam e condicionam os tipos de feições erosivas que ocorrem.

A parte oeste está associada a morfologias complexas, com alta densidade de drenagem devido à variações entre as classes de declividade (média – média a alta) e desnivelamentos, caracterizados pelas rupturas de relevo (variação de resistência geológica).

A parte leste da bacia está associada a um relevo bastante suave com baixas declividades resultado de uma dissecação mais generalizada que retirou os materiais sobrejacentes cronestratigraficamente – a erosão teria atingido o nível de base onde se desenvolvem principalmente ravinamentos e rastejamentos, condicionados pela agricultura, pela pastagem e pela ocupação humana.

No entanto, os elementos levantados apesar de construírem-se indispensáveis não são suficientes para uma análise completa da bacia hidrográfica. É necessário que se elabore o cruzamento destas com outras variáveis condicionantes como a geologia (fatores litológicos e estratigráficos), as áreas de cabeceiras de drenagens (fatores de dissecação) e o tipo de uso do solo (fatores antrópicos).

Porem, ao apresentar esta proposta metodológica, foram criados mecanismos que possibilitam instrumentar organizações públicas e privadas com rotinas e suporte tecnológico capaz de subsidiar as ações em planejamento e gestão de bacias hidrográficas.

Enfim, observa-se a necessidade de disponibilizar dados topográficos digitais, oferecendo acesso rápido a informações atualizadas, padronizadas e precisas, como suporte técnico para variadas pesquisas em variadas áreas da ciência, tornando o processo de análise, planejamento e gerenciamento do espaço mais dinâmico. O processo de tomada de decisões exige soluções rápidas e precisas para problemas que envolvem grande volume de dados com elevado grau de complexidade.

7. Agradecimentos

Os autores deste projeto agradecem ao Laboratório de Geoprocessamento do Curso de Geografia - GeoLab, do Centro de Ciências da Educação da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC que suportou a execução prática do trabalho.

8. Referências Bibliográficas

CÂMARA G, SOUZA RCM, FREITAS UM, GARRIDO J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLEY, A. S. MAGALHÃES, G. C. & MEDEIROS, C. M. B. *Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas*. 10 a Escola de Computação. Campinas, UNICAMP, 1996. 193 p.

CASTRO, J. F. M. - *Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica: o exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi - Cubatão/SP*. Dissertação de Mestrado, FFLCH / USP, 1993.

CHRISTOFOLETTI, Antônio, *Geomorfologia*, São Paulo. Edgard Blucher, 2ª Ed. 1980.

IBGE, *Manual de normas, especificações e procedimentos técnicos para a carta internacional do Mundo, ao Milionésimo*, após a revisão das resoluções de Londres (1909) e Paris (1913) – Bonn, de agosto, 1962. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Cartografia, 1993.

LENZ, Amaral. *Geologia Geral*, São Paulo. 12 Ed. Editora Nacional, 1995.

STRAHLER, Arthur N. *Geografia Física*, Y para la edición Española. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1987.

TEIXEIRA, A. L. A. & CHRISTOFOLETTI, A. - *Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrado*. Ed. HUCITEC, São Paulo, 1997.