

SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DE ITUPARARANGA COMO SUPORTE À IMPLANTAÇÃO DE UMA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

*Nobel Penteado de Freitas²
José Paulo Marsola Garcia³
Fernando Shinji Kawakubo³
Ailton Luchiari⁴
Nivaldo Lemes da Silva Filho¹
Lara Argoud²
Rúbia Gomes Morato³
Marcela Pellegrini Peçanha¹
Massanori Takaki⁵*

RESUMO Este artigo tem como objetivo apresentar os procedimentos adotados na estruturação de um banco de dados geo-ambiental da bacia hidrográfica da Represa Itupararanga, localizada no alto curso do rio Sorocaba. O trabalho faz parte de um projeto maior de caráter multidisciplinar denominado de Caracterização Geoambiental da Bacia da Represa de Itupararanga. O projeto teve apoio financeiro do FEHIDRO e o seu objetivo foi realizar o levantamento sistemático dos recursos naturais existentes na bacia com o intuito de fornecer suporte a implantação e gestão da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga⁷. Mapas derivados do Modelo de Elevação Digital (como o de declividade e hipsometria), geológico, geomorfológico e de uso/cobertura vegetal são apresentados. Utilizando a metodologia da fragilidade ambiental proposta por Ross (1994), foram gerados mapas sínteses que expressam a fragilidade potencial e ambiental do terreno.

Palavras chave: Geoprocessamento, APA, Itupararanga, Caracterização, Banco de Dados Ambientais.

ABSTRACT The purpose of this paper is to show the procedures adopted in the implementation of a geographic database of Itupararanga drainage

² Projeto financiado pelo FEHIDRO

³ Núcleo de Estudos Ambientais, Universidade de Sorocaba – UNISO

⁴ Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba - UFPB

⁵ Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo – USP (email: fsk@usp.br)

⁶ Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro.

⁷ A APA de Itupararanga foi promulgada no dia 1/12/1998 sob o número 10.100 e foi complementada pela lei 11.579/03.

basin located at high course of Sorocaba River. This is part of a major multipurpose and multidisciplinary project named Geoenvironmental Characterization of Itupararanga Drainage Basin (CGBRI) that was supported by FEHIDRO. The project aimed to systematically scan the natural resources in the drainage basin to support the Itupararanga Área de Proteção Ambiental (APA) – Environmental Protection Area –implementation and management. Hypsometric and slope maps derived from the DEM (Digital Elevation Model), as well as geologic, geomorphologic and land use/cover are presented. Making use of the environmental fragility methodology developed by Ross (1994), maps representing the terrain emerging and environmental fragilities were also created.

Key words: Geomatic, APA, Itupararanga, Environmental Characterization, Environmental Database.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana acelerada tem gerado ao longo dos últimos anos sérios problemas de conservação de áreas verdes destinadas tanto ao abastecimento de água como locais de lazer à população.

A região de Sorocaba sofre atualmente um forte ciclo de crescimento econômico e industrial. O principal manancial que abastece os municípios é a represa de Itupararanga, responsável por 63% do abastecimento da população (cerca de 800 mil pessoas), sendo Sorocaba o maior consumidor.

A barragem de Itupararanga, situada na porção extremo oeste da represa está localizada no município de Votorantim, alto curso do rio Sorocaba. A empresa detentora da barragem é a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). Além do fornecimento de água, a represa possui outras funções como geração de energia elétrica e regularização da vazão do rio Sorocaba durante os períodos de cheia (EMPLASA, 1985). Soma-se ainda a função de espaço de lazer à população.

Análises laboratoriais realizadas no Núcleo de Estudos Ambientais da Universidade de Sorocaba – UNISO mostram que a água observada nas proximidades da barragem de Itupararanga é de ótima qualidade (GARCIA et al. 2001). Apesar disto, uma série de problemas relacionados especialmente ao uso e ocupação do solo têm sido observados ao longo da bacia hidrográfica, que engloba uma área superior a 900Km².

A principal atividade econômica existente na bacia é a agricultura (faz parte do cinturão verde de São Paulo), que depende da água para a irrigação. Outra característica marcante é a presença de inúmeras chácaras de alto e médio padrão utilizadas como áreas de lazer de fins

de semana em razão da proximidade com a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Uma das grandes preocupações que norteiam os ambientalistas e a sociedade de maneira geral é a duplicação da Rodovia Raposo Tavares (SP-270), que apesar de atravessar apenas um pequeno trecho da bacia (em sua porção Nordeste, nos municípios de Vargem Grande Paulista e São Roque), irá criar novos vetores de crescimento urbano. Tal fato provavelmente irá contribuir com a degradação ambiental caso não sejam estabelecidas políticas ambientais que visem à conservação deste importante manancial de vital interesse para a sociedade.

As ações voltadas à conservação da água, do solo, do ar, da fauna e da flora ainda são muito tímidas e insuficientes quando comparado à intensidade e a velocidade da degradação que ocorre na bacia (GARCIA et al. 2001). Todavia, algumas iniciativas devem ser destacadas como, por exemplo: a criação do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Sorocaba e Tietê em agosto de 1995; a proposição por este comitê pela criação da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga (âmbito Estadual); a realização do projeto financiado pelo FEHIDRO intitulado "Caracterização Geo-Ambiental da Bacia da Represa de Itupararanga" cujo presente artigo faz parte. Participaram deste projeto, pesquisadores e professores da Universidade de Sorocaba (UNISO), Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade de São Paulo (USP).

O Estado de São Paulo conta atualmente com 23 APAs Estaduais e Federais, sem considerar a de Itupararanga. A maior parte delas localizada na porção nordeste do Estado, mais precisamente na Serra da Mantiqueira, ao longo do eixo Rio-São Paulo.

Apesar da região de Sorocaba passar por momentos de fortes crescimentos populacionais, é bastante carente em termos de áreas protegidas. A formulação de uma APA é considerada estratégica e de fundamental importância para a conservação de áreas de manancial. A APA constitui num instrumento da política ambiental que se caracteriza pelo desenvolvimento sustentável na região (Lei nº 9.985/00), na qual as atividades humanas devem ser exercidas no sentido de permitir a integridade e a manutenção da qualidade ambiental do espaço (CABRAL e SOUZA, 2002).

OBJETIVOS

O objetivo geral do projeto Caracterização Geo-Ambiental da Bacia da Represa de Itupararanga consistiu em realizar o levantamento sistemático dos recursos naturais existentes na bacia (identificando os principais problemas ambientais e propondo medidas para a sua

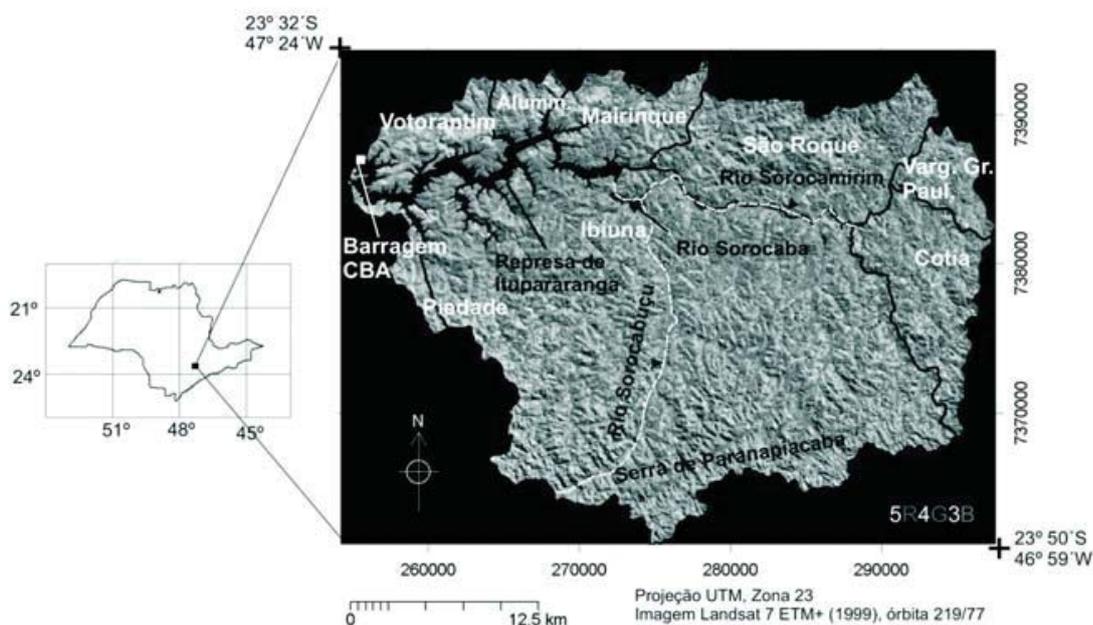
adequação) com o intuito de fornecer suporte à implantação e gestão da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga.

O objetivo específico deste artigo é apresentar os principais procedimentos adotados na estruturação do banco de dados ambientais da bacia e os mapeamentos temáticos realizados.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada entre as coordenadas 23° 32'S – 23° 50'S e 46° 59'W – 47° 24'W, abrangendo parte dos municípios de Cotia, Vargem Grande Paulista (estes dois pertencentes à Região Metropolitana de São Paulo), São Roque, Ibiúna, Mairinque, Alumínio, Votorantin e Piedade (figura 1). Cerca de 62% da bacia está localizada dentro dos limites do município de Ibiúna. Com exceção de Cotia, todos os municípios participam do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio - Tietê.

Figura 1



A bacia hidrográfica da represa de Itupararanga é formada pelos rios Sorocamirim, Sorocabuçu e pelo rio Sorocaba em seu alto curso, sendo a represa de Itupararanga o seu principal reservatório.

Na extremidade oeste da represa encontra-se a barragem da represa (localizada no município de Votorantin) de propriedade da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). Além do fornecimento de água

principalmente aos municípios de Sorocaba e Votorantim, a represa possui entre outras funções a geração de energia elétrica e a regularização da vazão do rio Sorocaba durante os períodos de cheia (EMPLASA, 1985). Amenizando assim, os problemas de inundações urbanas à jusante.

Em relação às características geomorfológicas, a área de estudo insere-se na província do Planalto Atlântico, mais precisamente na unidade morfoescultural do Planalto de Ibiúna/São Roque (ROSS, 1997). Neste Planalto, predominam altitudes entre 800 a 1000 metros e as vertentes apresentam declividades predominantes acima de 20%, alcançando com freqüência declividades acima de 40% (principalmente na Serra de Paranapiacaba). As formas de relevo dominantes são as denudacionais constituídas na grande maioria das vezes por morros de topos convexos (Dc).

Segundo IPT (1981), a geologia é dominada por rochas do Proterozóico Superior, especialmente suítes graníticas sintectônicas. Na região central e sudeste encontram-se as rochas do Complexo Embu, constituído na maior parte por metassedimentos, migmatitos homogêneos predominando os de natureza homofânica, oftamiltica e facoidal. A bacia é cortada por três grandes falhas: Pirapora e Taxaquara nas proximidades da represa e de Caucaia, à sudeste. As duas primeiras falhas delimitam a distribuição dos quartzitos do Grupo São Roque. Os depósitos aluvionares de maior expressão localizam-se nas planícies do rio Sorocamirim e Sorocabuçu.

O tipo de uso que domina a paisagem são as culturas temporárias praticadas em pequenas propriedades (chácaras). A área em questão situa-se no domínio das Florestas Ombrófilas Densas, sendo que boa parte da cobertura vegetal original já foi removida, e muitos dos remanescentes são compostos por florestas secundárias ou formações pioneiras (IGC, 1981). As maiores porcentagens de cobertura vegetais nativas são encontradas no entorno da represa de Itupararanga e na parte sul, na região da Serra de Paranapiacaba.

ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEO-AMBIENTAL SISTEMA DE COORDENADAS

O primeiro procedimento adotado na elaboração do banco de dados geo-ambiental consistiu na criação do sistema de coordenadas. A função deste sistema (ou banco de dados geocodificado) é reunir num mesmo referencial geográfico diferentes informações sobre a área de estudo (BARREIRA et al. 1987). No momento da criação, parâmetros

cartográficos como a projeção utilizada, Retângulo Envolvente (que corresponde ao tamanho da janela de trabalho), Zona, Elipsóide e Datum horizontal são especificados ao sistema.

BASE CARTOGRÁFICA

Para a implementação da base cartográfica, foram utilizadas cinco cartas topográficas na escala 1: 50 000 do IBGE (1973) referentes às folhas Sorocaba, Jurupará, São Roque, Juquitiba e Itapeçerica da Serra.

A digitalização foi feita utilizando uma mesa digitalizadora de tamanho A1 *Summergraphic*. O programa adotado para a digitalização foi o Auto Cad R14. As informações de drenagem, estradas, limite da bacia, curvas de nível e pontos cotados foram digitalizadas em forma de *layers* (ou Planos de Informações – PIs) para facilitar a sua manipulação.

Após o término da digitalização, os PIs foram exportados em formato *dxf* e importados para o Sistema de Informações Geográfico ILWIS (*Intergraded Land and Water Information System*) desenvolvido pelo ITC da Holanda. Dentro do ambiente SIG, estes dados foram corrigidos em relação as suas consistências topológicas e editados para um sistema de coordenadas predefinido.

As correções dos PIs de drenagem, estradas e curvas de nível foram realizadas com o auxílio de um pacote de algoritmos denominados de *Check Segments* implementados no ILWIS. Os algoritmos utilizados foram: *Self Overlap* para verificar os problemas relacionados com nós e giros de um segmento; *Dead Ends* para verificar pontos isolados ou erros no término de uma linha; *Intersections* para localizar cruzamento entre linhas; e *Code Consistency* utilizado para checar o valor ou código de duas linhas que se juntam.

MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL (DEM)

O Modelo de Elevação Digital ou *Digital Elevation Model* (DEM) consiste numa das mais importantes técnicas de análise do terreno porque a partir dele são gerados inúmeros outros produtos como hipsometria, declividade, orientação das vertentes, modelos sombreados, modelos 3D, perfis topográficos, cálculos de volume, análise de visibilidade etc.

A forma mais tradicional de construir um DEM é a partir de curvas de nível ou pontos contados extraídos de uma carta topográfica. Utilizando interpoladores específicos, estimam-se valores em áreas não

contempladas pela amostragem por meio de técnicas de estatística espacial.

Existem diversos métodos de geração do DEM (BURROUGH, 1986) que podem utilizar-se de estruturas de grades regulares retangulares ou irregulares triangulares conhecidas pela sigla TIN de *Triangulated Irregular Network*. Os interpoladores são normalmente agrupados de acordo com dois critérios: (1) o número de amostras utilizadas para estimar um ponto desconhecido (HOWARTH, 1983) e (2) segundo as diferenças entre os valores computados e observados.

Desta maneira, diz-se que o interpolador é global quando se ajusta uma única função para todo o domínio da amostragem e local quando se consideram apenas as amostras dentro de uma região ou raio de influência. Em relação ao segundo critério, os interpoladores são do tipo exato, quando a diferença entre o valor observado e computado é nula e do tipo aproximado quando a diferença é significativa.

O método utilizado neste trabalho e que está presente no ILWIS baseia-se num modelo de grade regular retangular conhecido como distância de Borgefor (GORTE e KOOLHOVEN, 1990). Trata-se de um método de interpolação linear (local e exato) que se divide em duas etapas. Primeiro é feita a conversão das curvas de nível (em formato vetorial) para o formato matricial (*rasterização* das curvas de nível). Posteriormente, estimam-se os valores nos locais não amostrados baseando-se na menor distância do *pixel* estimado em relação às curvas de nível. Detalhes da interpolação podem ser obtidos em Morato (2001).

ESTRUTURAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

Os produtos temáticos digitalizados foram: mapa dos limites parciais dos municípios formadores da bacia, mapa geológico, mapa geomorfológico e mapa de uso/cobertura Vegetal.

Os limites parciais dos municípios foram delimitados nas cartas topográficas de escala 1: 50 000 do IBGE com o auxílio do mapa dos municípios do estado de São Paulo (também de autoria do IBGE).

As informações referentes à geologia foram extraídas das cartas geológicas elaboradas por Hasui (1975), IPT (1981) e Godoy (1989). O mapa geomorfológico foi produzido por Garcia et al. (2001) a partir de fotografias aéreas na escala 1: 25 000 de 1996 (BASE SA). Foram utilizados como apoio para a sua elaboração os mapas geomorfológicos do Ipt (1981b) e de Ross e Moroz (1998), além de realizações de trabalhos de campo.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal também foi confeccionado por Garcia et al. (2001) utilizando as mesmas fotografias

aéreas (vôo de 1996). As interpretações das fotografias aéreas foram feitas de forma visual com base nos elementos de reconhecimentos da fotointerpretação. (CERON e DINIZ, 1966). Trabalhos de campo foram realizados para verificar a consistência da fotointerpretação e atualização do produto.

A conversão dos mapas temáticos para o ambiente digital foi executada de forma semelhante à base cartográfica. Os limites de cada classe foram digitalizados no Auto Cad e exportados para o SIG. No ILWIS, foram checadas as consistências topológicas dos arcos e nós e em seguida, os segmentos foram poligonizados utilizando um algoritmo de conversão segmento-polígono.

IMAGENS DE SATÉLITE

Imagens do satélite Landsat-7 ETM+ de 1999 (órbita 219/77) foram utilizadas para auxiliar da caracterização da bacia, especialmente no uso da terra e cobertura vegetal.

Inicialmente, as imagens foram georeferenciadas com a base cartográfica (utilizando principalmente a malha viária e a rede de drenagem) por meio de pontos de controle. No total foram identificados 30 pontos distribuídos ao longo de toda a bacia. Após o término do georeferenciamento, as imagens foram reamostradas utilizando o interpolador vizinho mais próximo (CROSTA, 1999).

Técnicas de aumento linear de contraste e composições coloridas RGB foram aplicadas para realçar os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal.

MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

O mapa de fragilidade ambiental constitui num importante instrumento para a elaboração planejamento territorial ambiental. Isto porque permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando as características naturais do terreno com as suas restrições.

A metodologia adotada na elaboração do mapa de fragilidade ambiental se baseou na *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados* proposto por Ross (1994). Esta metodologia fundamenta-se nos princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas. O equilíbrio da natureza se processa através das trocas de energias e matéria que

circulam no meio. Entretanto, o equilíbrio é freqüentemente alterado pelas intervenções humanas, gerando estado de desequilíbrios que podem ser temporários ou até permanentes.

Tricart (1977) propôs a classificação dos meios naturais em três categorias denotadas de *Meios Estáveis*, *Meios Intergrades* e *Meios Fortemente Instáveis*. Os *Meios Estáveis* são marcados pelo predomínio da pedogênese sobre a morfogênese. A vegetação que os recobre é freqüentemente atingem a condição do *clímax*. Os *Meios Intergrades* ou Intermediários são caracterizados pela interferência permanente da morfogênese e pedogênese, excedendo de maneira concorrente sobre um mesmo espaço. Já os *Meios Instáveis* são caracterizados por condições de relevo agressivo e desfavorável ao desenvolvimento da cobertura vegetal. São ambientes predominantemente morfogênicos, onde a transmissão de fluxo de energia é muito intensa.

Diante dos estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está submetido (TRICART, 1977), Ross (1994) sistematizou uma hierarquia de fragilidade representada por cinco classes: Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte. Estas categorias expressam a fragilidade do ambiente em relação aos processos ocasionados pelos escoamentos superficiais difusos e concentrados das águas pluviais.

Os procedimentos operacionais para a construção do mapa de fragilidade ambiental exigiram num primeiro instante a confecção dos mapas analíticos de relevo, solo, geologia, clima, uso da terra e cobertura vegetal etc. Posteriormente, estas informações foram analisadas de forma integrada adotando os critérios de fragilidades apresentados por Ross (1994).

Dois mapas de fragilidade foram confeccionados. O primeiro é denominado fragilidade potencial, que combina as informações de declividade e forma do relevo com os tipos de solos e geologia. O segundo mapa consiste na fragilidade ambiental propriamente dito, que considera além da fragilidade natural do ambiente (potencial) o grau de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal oferecem ao meio.

BANCO DE DADOS AMBIENTAIS DA BACIA DE ITUPARARANGA

Conforme exposto anteriormente, o primeiro procedimento adotado consistiu na definição do sistema de coordenadas. Os parâmetros cartográficos especificados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros cartográficos definidos no sistema de coordenadas para a bacia hidrográfica da represa de Itupararanga.

Projeção Cartogr.	Retângulo envolvente (m)	Elipsóide	Datum Horizontal	Zona*
UTM	X_Min/Max (242000, 300000) Y_Min/Max (7358000, 7400000)	Internacional 1924	Córrego Alegre	23_S

*A zona 23 corresponde ao Meridiano Central 45° hemisfério Sul.

Os Planos de Informações (PIs) foram separados em quatro tipos de modelos: Numéricos, Temáticos, Imagens e Cadastrais. Os modelos Numéricos são aquelas entidades gráficas que possuem valores, como por exemplo, a altitude do terreno. Estes modelos são representados tanto por estruturas Raster quanto Vetorial (linhas e pontos). Os modelos Temáticos são as entidades de classes, como tipo de rocha, formas do relevo, redes e corpos d'água etc. Pode utilizar-se tanto de estruturas Vetoriais (pontos, linhas e polígonos) quanto Raster. As imagens de satélite e as fotografias aéreas (monocromáticas ou coloridas) são estruturadas como modelo Imagem sempre em formato Raster. Por fim, os modelos cadastrais são aqueles cujas entidades (polígono, ponto ou linha) estão relacionadas a um banco de dados cadastral, como por exemplo, um ponto representado a localização de um lixão. Neste ponto um banco de dados fornece o tamanho do lixão, o tempo de disposição, os problemas de contaminação associados etc.

A tabela 2 ilustra a forma como os principais dados utilizados no projeto foram estruturados dentro do Sistema de Informações Geográfico.

Tabela 2. Forma de organização do banco de dados ambientais da bacia hidrográfica da represa de Itupararanga.

Modelos	PIs	Estrutura
Temático	Hidrografia	Vetorial (linhas)
Temático	Sistema viário	Vetorial (linhas)
Temático	Limite da bacia	Vetorial (linhas e polígono)
Temático	Limites municipais	Vetorial (linhas e polígono)
Temático	Hipsométrico (classificado)	Raster
Temático	Clinográfico (classificado)	Raster

Continuação da Tabela 2

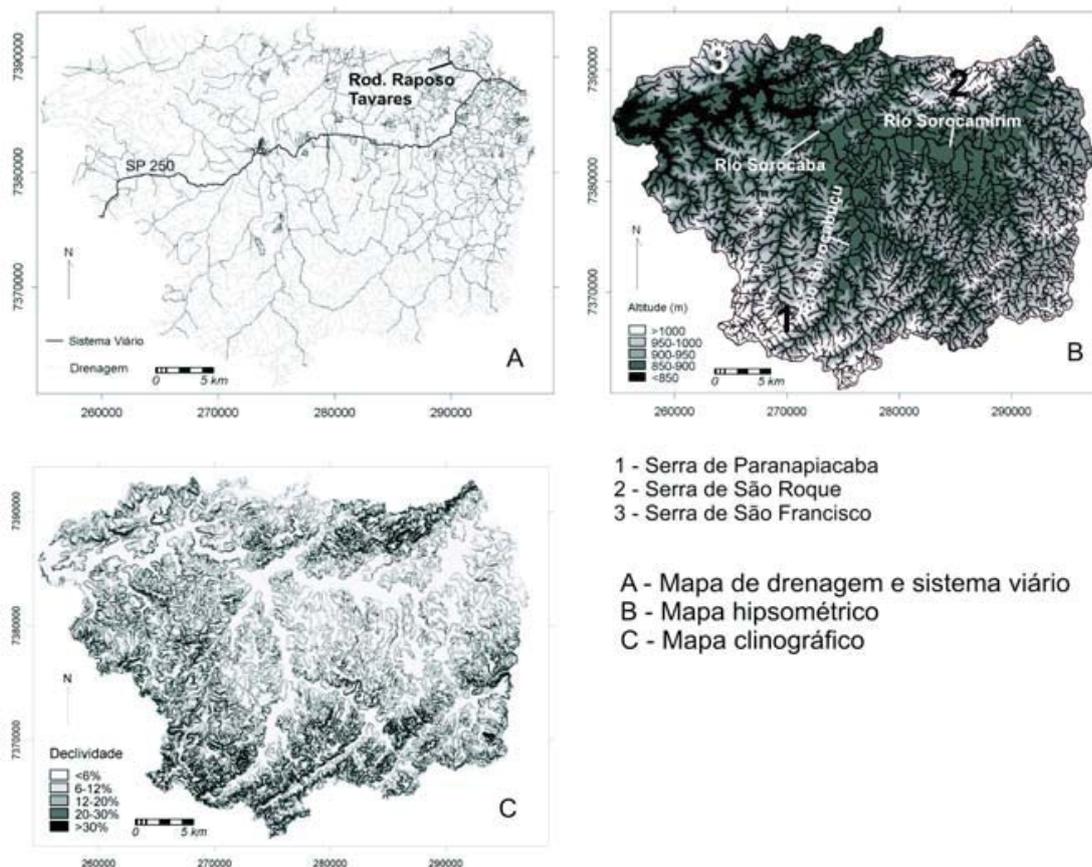
Modelos	PIs	Estrutura
Temático	Hidrografia	Vetorial (linhas)
Temático	Sistema viário	Vetorial (linhas)
Temático	Limite da bacia	Vetorial (linhas e polígono)
Temático	Limites municipais	Vetorial (linhas e polígono)
Temático	Hipsométrico (classificado)	Raster
Temático	Clinográfico (classificado)	Raster
Temático	Geologia	Raster e Vetorial (polígonos)
Temático	Geomorfologia	Raster e Vetorial (polígonos)
Temático	Uso da Terra/Cob. Veg.	Raster e Vetorial (polígonos)
Temático	Fragilidade Potencial	Raster e Vetorial (polígonos)
Temático	Fragilidade Ambiental	Raster e Vetorial (polígonos)
<hr/>		
Numérico	Curvas de nível	Vetorial (linhas)
Numérico	Pontos cotados	Vetorial (pontos)
Numérico	DEM	Raster
Numérico	Clinográfico	Raster
Numérico	Modelo Sombreado	Raster
Numérico	Aramado 3D	Vetorial
<hr/>		
Imagem	Landsat bandas 3, 4 e 5	Raster
Imagem	Fotografias Aéreas	Raster
<hr/>		
Cadastral	Municípios	Vetorial (polígonos)
Cadastral	Uso da Terra/Cob. Veg.	Vetorial (polígonos)
Cadastral	Coleta de Água (laborat.)	Vetorial (pontos)
Cadastral	Lixões	Vetorial (pontos)

A figura 2 ilustra os resultados da digitalização das cartas topográficas e do Modelo de Elevação Digital (DEM). A resolução definida para o DEM foi de 30 metros, formando uma área de 1105 linhas por 1445 colunas. Conforme pode ser observado, o mapa hipsométrico foi classificado em cinco classes de altitude. Estes intervalos foram definidos com o auxílio de um Modelo Sombreado do Relevo (MSR) e tenta compartimentar a bacia em relação aos diferentes padrões de organização do relevo. Assim, a classe >850 m delimita a represa de

Itupararanga, 850-900m as planícies do rio Sorocamirim e Sorocabuçu, 900-950m os mares de morros (IPT, 1981b) e acima de 950m as regiões serranas, especialmente a Serra de Paranapiacaba (1) e de São Roque (2), onde as altitudes frequentemente ultrapassam os 1000 metros. Na Serra de São Francisco (3) as altitudes restringem-se a 950-1000 metros.

Os intervalos de declividades foram estabelecidos seguindo a análise da fragilidade ambiental (ROSS, 1994), ou seja, de acordo com a capacidade de uso/aptidão agrícola associado com os valores críticos da geotécnica. Os cinco intervalos em porcentagem (0-6, 6-12, 12-20, 20-30 e maior que 30) representam respectivamente as classes Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte. As declividades dominantes na bacia são de 20-30% (fragilidade forte). Nas regiões serranas as declividades ultrapassam muitas vezes os 30% (fragilidade muito forte).

Figura 2.



Os mapas de geologia, geomorfologia e uso/cobertura vegetal são ilustrados na figura 3.

A geologia dominante corresponde a classe PSd, que representa os granitos dos maciços de São Roque, Ibiúna e Caucaia. As classes PSE,

PSsr e ZM são respectivamente as rochas metassedimentares do Complexo Embu, as rochas do grupo São Roque e as zonas miloníticas. Ao longo dos vales fluviais encontram-se os depósitos aluvionares recentes e atuais (Qa) e as coberturas cenozóicas indiferenciadas, formadas por sedimentos pouco consolidados (TQ).

Com relação à geomorfologia, existe uma grande variação no modelado, predominando as formas denudacionais (Dc) em relação às planícies Fluvio-Aluviais (PLA) e os Terraços Aluviais (TA). Os números 23, 24, 22, 43 e 44 que sucedem à sigla Dc representam códigos, sendo o primeiro dígito o grau de entalhamento dos vales e o segundo, a dimensão interfluvial média (ROSS, 1997). Ambos os dígitos variam de 1 a 5 (muito fraco a muito forte).

As classes Dc que começam com o número 2 (Dc23 e Dc24) possuem grau de entalhamento fraco, ou seja, de 20 a 40m. Os que começam com 3 (Dc33 e Dc34), possuem entalhamento médio (40 a 80m.) e os que começam com 4 (dc43 e Dc44), entalhamento forte (80 a 160m). No segundo dígito, o número 3 possui dimensão interfluvial média (750 a 1750m) e o número 4, pequena (250 a 750m).

O grau de entalhamento dos vales mais pronunciados encontra-se ao norte, sudeste (onde se encontram a Serra de São Roque e Paranapiacaba, ambos constituídos predominantemente por granito) e a leste, delimitada pela zona milonítica.

Para o uso da terra e cobertura vegetal, sete classes foram mapeadas: Mata, Vegetação de Várzea, Campo Limpo, Campo Sujo/Capoeira, Área de Culturas/Chácara, Área Urbanizada e Represa.

A maior parte da bacia é ocupada por atividades agrícolas praticadas em pequenas propriedades, estendendo-se por toda a sua porção central. As áreas matas nativas restringem-se a Serra de Paranapiacaba e no entorno da Represa. Os principais núcleos urbanos estão concentrados na região leste da bacia (Vargem Grande Paulista e Cotia), próximo a Rodovia Raposo Tavares. Outro núcleo urbano importante é Ibiúna, localizada na porção central.

A análise dos mapas ditos analíticos (ROSS, 1994) deu origem aos mapas de fragilidade potencial e ambiental. Os resultados são apresentados na figura 4.

Figura 3

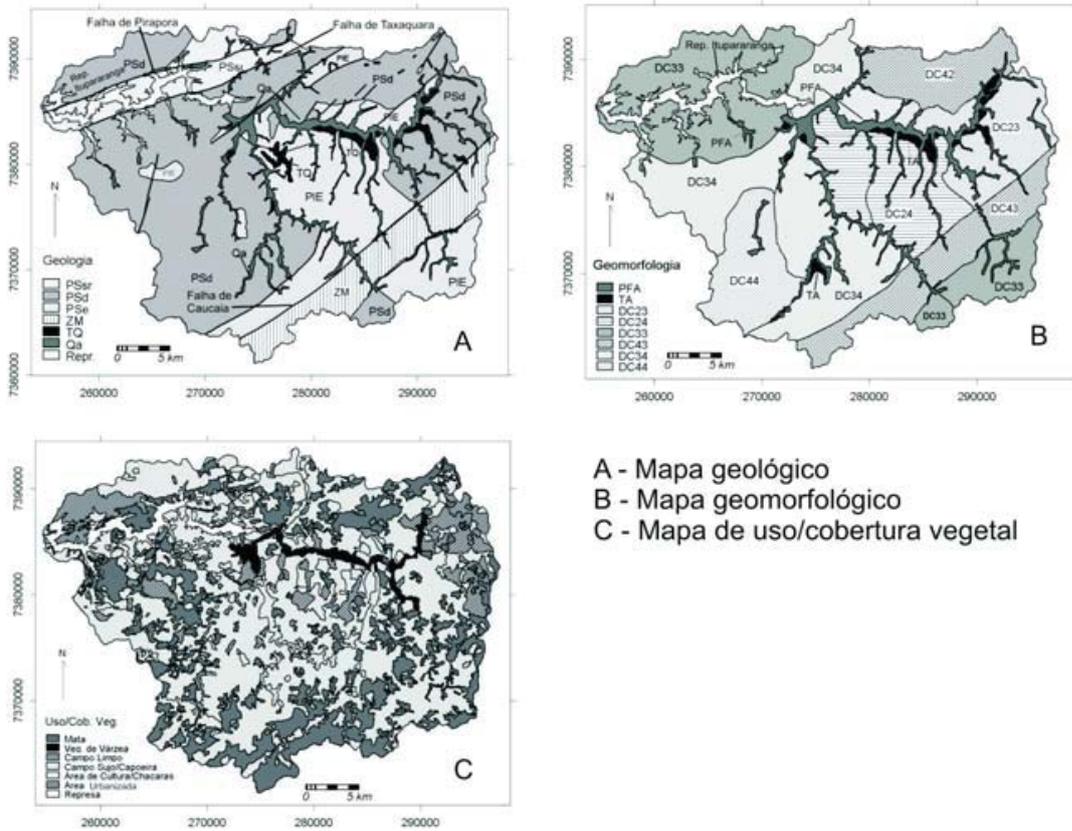
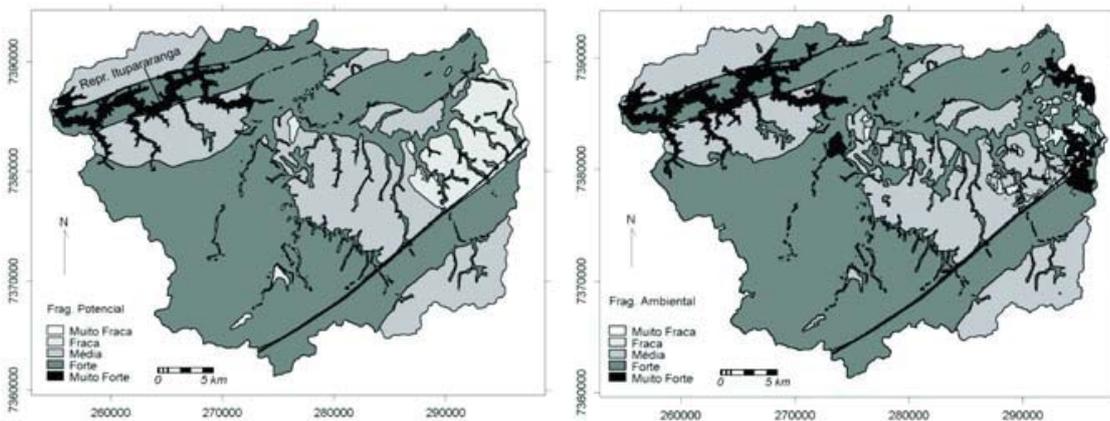


Figura 4



Observa-se que os mapas de fragilidade potencial e ambiental são bastante parecidos, o que sugere trata-se de uma bacia ainda conservada. A maior parte é classificada como fragilidade Forte. Na represa, nos principais sistemas de falhas e nas áreas mais urbanizadas

(esta última presente apenas no mapa de fragilidade ambiental) a fragilidade é classificada como Muito Forte. Nas unidades geomorfológicas Dc24, Dc33 e uma boa parte do Dc34 a fragilidade é mapeada como Fraca e Média.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da ótima qualidade da água observada na represa, a bacia hidrográfica de Itupararanga possui uma série de problemas de degradação ambiental relacionados especialmente ao uso da terra. Análises laboratoriais mostram uma grande variação especialmente de coliformes fecais e de agrotóxicos entre os rios Sorocamirim, Sorocabuçu e Sorocaba. A criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) é fundamental para criar um instrumento de gestão sustentável da bacia, que compatibilize o uso com a manutenção deste importante manancial. A elaboração de um banco de dados geográficos é uma ferramenta indispensável, pois além de servir como base nas discussões de audiências públicas e nas reuniões dos Comitês de Bacias Hidrográficas, é de grande valia na formulação do plano de gestão ambiental.

BIBLIOGRAFIA

BARREIRA, J.; DIAS, L. A. V.; NETO, G. C.; SOUZA, R. C. Imagens e computadores: o olho que tudo vê. **Ciência Hoje**. v. 7, n.37, p. 34-44, 1987.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment**. Clarenton: Oxford, 1986.

CABRAL, N. R. A. J.; SOUZA, M. P. **Área de Proteção Ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas**. São Carlos: Rima. 2002.

CERON, A. O. & DINIZ, J. A. F. O uso de fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**. n. 2, p.161-173, 1966.

CÔRTE, D. A. A. **Planejamento e Gestão de APAs: enfoque institucional**. Brasília. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 1997.

CREPANI, E., MEDEIROS, J.S., AZEVEDO, L.G., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., FLORENZANO, T., BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 3º Reimpressão. Campinas:Universidade Estadual de Campinas, 1999.

EMPLASA. **Os Problemas das Inundações na GSP: situação atual e implementação de diretrizes metropolitanas**. São Paulo: Empresa Metropolitana de Planejamento Urbano, 1985.

GARCIA, J. P. M., FREITAS, N. P., SILVA FILHO, N. L., LUCHIARI, A., ARGOUD, L., PEÇANHA, M. P. **Caracterização Geo-ambiental da bacia da represa de Itupararanga**. São Paulo: Relatório Final do Convênio UNISO/UNESPE/USP. 2001.

GODOY, A. M. **Caracterização faciológica, petrográfica e geoquímica dos maciços Sorocaba e São Francisco-SP**. 1989. 220f. Monografia (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

GORTE, B.G.H.; KOOLHOVEN W. Interpolation between isolines based on the Borgafors distance transform. **ITC Journal**, v. 3, p. 245-247, 1990.

HASUI, Y. Mapa geológico da folha São Roque. **Boletim IG**. v. 6, 1975.

HOWARTH, R. J. Mapping, In: HOWARTH, R. J. **Statistics and data analysis in geochemical prospecting**. Elsevier, 1983.

IBGE **Cartas topográficas folhas Sorocaba, Jurupará, São Roque, Juquitiba e Itapeçerica da Serra**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1973. Escala 1: 50 000.

IGC **Carta de utilização da terra do estado de São Paulo, folha São Paulo**. São Paulo: Instituto Geográfico e Cartográfico, 1981. 1 mapa. Escala 1: 250 000.

IPT **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 2 vol. Escala 1: 500 000. Acompanha relatório técnico.

MORATO, R. G. O Geoprocessamento como Subsídio ao Estudo da Fragilidade Ambiental. 2000. 44f. **Dissertação (Trabalho de Graduação Individual) – Departamento de Geografia da FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000**.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.

Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. 1994.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: USP/IPT/FAPESP, 1997. 1 mapa. Escala 1: 500 000. Acompanha relatório técnico.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977.