

DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIO VERDE, REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Antonio Carlos Vitte

Professor do Departamento de Geografia da Unicamp, Campinas (SP), Brasil. Pesquisador CNPq
vitte@ol.com.br

Juliano Pereira de Mello

Professor de Geografia da Rede Pública e Particular do Estado de São Paulo. Mestre em Geografia pela Unicamp
juliano.mello@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta um ensaio cartográfico para a determinação da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), localizada numa área de contato entre as rochas cristalinas da Serra da Mantiqueira e os terrenos sedimentares da Depressão Periférica Paulista.

Analisamos as características histórico-social-econômicas da Bacia, a qual é marcada pelas práticas agropecuárias, principalmente, as ligadas aos plantios de cana-de-açúcar, batata e cebola, além da criação de gado bovino. Mapeamos e analisamos os dados sobre geologia, pedologia, drenagem, hipsometria, declividades e de uso e ocupação das terras, os quais, foram tratados em ambiente SIG e integrados por um algoritmo para chegarmos a um mapa síntese das classes de fragilidade ambiental na Bacia.

Concluimos que a maior parte da área formada pela junção das classes de média a muito alta fragilidade estão na porção da bacia hidrográfica que corresponde aos domínios da Serra da Mantiqueira – maior intensidade dos processos de morfogênese.

Palavras chave: Bacia hidrográfica; fragilidade ambiental; Geomorfologia, metodologia, Brasil.

RÉSUMÉ

Cet article présente un essai cartographique pour la détermination de la fragilité environnementale du Bassin Hydrographique de Rio Verde (SP), localisé dans une aire de contact entre les roches cristallines de la Serra da Mantiqueira et les terrains sédimentaires de la Dépression Périphérique Paulista.

On analyse les caractéristiques historiques, sociales et économiques du Bassin, lequel est marqué par des pratiques agricoles et d'élevage, principalement celles qui sont liées à la canne à sucre, aux pommes de terre et aux oignons, aussi bien qu'aux bovins. On a cartographié et analysé la géologie, la pédologie, le drainage, l'hyposmètrie, les pentes et l'occupation des terrains, avec traitement en SIG et intégration par un algorithme pour arriver à une carte synthèse des classes de fragilité environnementale du Bassin. Alors, on a conclu que la plupart de l'aire formée par jonction des classes de moyenne à très haute fragilité sont dans la portion de Serra da Mantiqueira – plus grand intensité des processus morphogéniques.

Mots-clé: Bassin hydrographique, fragilité environnementale, Géomorphologie, méthodologie, Brésil.

ABSTRACT

This work presents a cartographic essay to determination of environmental fragility in the watershed of the Rio Verde (SP), localized in a contact area between crystalline rocks of the Serra da Mantiqueira and sedimentary terrains of the Depressão Periférica Paulista.

Analyzed the historical-social-economic characteristics of the watershed, which is marked for the agriculture practices, principally, the connected with potato, onion, sugar cane planting, over there of livestock creation. Mapped and analyzed about geology, pedology, drainage, hypsometric, declivities and terrain use and occupation dates, which went treatise in a SIG environment and integrated for a algorithm to arrive to a synthesis map of the fragility environmental classes in the watershed.

Then, we conclude that the major part of area formed by adding the average classes to the very high fragility classes are in the portion of the Serra da Mantiqueira - major intensity of the morphogenetic process.

Key words: Drainage basin; environmental fragility; Geomorfology; methodology, Brazil.

Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para o cálculo e conseqüente mapeamento da fragilidade ambiental, na bacia hidrográfica do rio Verde, que apresenta uma área de 525,30 Km² e está situada na região nordeste do Estado de São Paulo, Brasil (figura 1). Inicialmente partiu-se do conceito de fragilidade ambiental proposto por Ross (1990; 1996), onde acrescentamos índices morfométricos advindos do mapeamento de temas relacionados à geomorfologia fluvial. Posteriormente, os dados quantitativos foram integrados em uma equação, donde foi gerado um mapa de fragilidade ambiental para a bacia estudada.

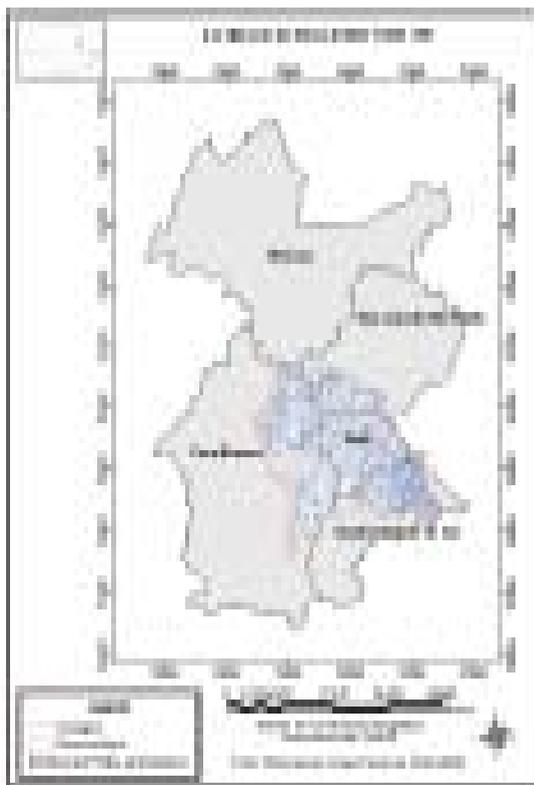


Fig. 1 - Localização da Bacia do Rio Verde.

Assim, esperamos contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de mapeamento da fragilidade dos ambientes antropizados e ao mesmo tempo contribuir para projetos e programas de planejamento e gestão ambiental, mais especificamente, abordando os usos da água dentro de uma concepção sistêmica de bacia hidrográfica e de arranjo geográfico.

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde em estado de criticidade

A deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo - CBH-PARDO 004/04¹ - declarou crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde em 25/06/2004. O estado de criticidade de uma bacia hidrográfica é caracterizado com base no Artigo 14 da Lei Estadual n.º. 9.034, de 27/12/94, a qual dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e estabelece que, quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência conforme determina o inciso II do Artigo 13 da mesma lei, ou seja, a vazão de referência para orientar a outorga de direitos de uso de recursos hídricos será calculada com base na média mínima de 7 (sete) dias consecutivos e 10 (dez) anos de período de retorno (Q7,10) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação ou por outros processos físicos, decorrentes da utilização das águas e as reversões de bacias hidrográficas.

Sendo assim, ainda conforme a Deliberação CBH-PARDO 004/04, a Bacia do Rio Verde foi submetida ao regime especial de gerenciamento que deve levar em conta:

- I o monitoramento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos; de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas e de lançamento de efluentes;

¹ Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/DELIBERACAO/CRH/CBH-PARDO/1718>. Consultado em 21/01/2008.

- II a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelas entidades estaduais de gestão dos recursos hídricos, para o estabelecimento, em comum acordo, de regras de operação das captações e lançamentos;
- III a obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso de recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga.

Segundo TORADORE (2004), membro do Conselho Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, a Bacia do Rio Verde foi declarada em estado de criticidade, pois, a crescente demanda de água em função do uso, principalmente para irrigação, e sua reposição sem tratamento de esgoto sanitário e com resíduos químicos provenientes das práticas agrícolas vêm contribuindo para tal situação.

Com relação ao uso da água, um levantamento preliminar mostra que o Rio Verde tem um uso predominantemente agrícola: 90% da demanda por água visa à irrigação; 8%, o abastecimento público; e 2%, outros usos (TORADORE, 2004), além do que 80% da água utilizada na agricultura vão para a irrigação de plantações de batata e cebola. Porém, ainda não há uma idéia precisa da quantidade de agricultores que se utilizam da retirada de água.

Com relação ao tratamento do esgoto sanitário, segundo dados da Fundação Seade apresentados na TABELA I, temos que o mesmo se mostra precário nos municípios por onde passa o Rio Verde, especialmente em Vargem Grande do Sul e Itobi onde o tratamento não existe, o que contrasta com 100% do esgoto sanitário tratado no município de São João da Boa Vista (SP), o qual é sede daquela Região de Governo – que pertence à Região Administrativa de Campinas (SP) – e está localizado na Bacia do Mogi e por onde passa o Rio Jaguari Mirim.

TABELA I – Tratamento do Esgoto Sanitário (%) (1992 – 2003)

Localidade	Anos				
	1992	1995	1997	1999	2003
São João da Boa Vista	5,00	10,00	18,00	100,00	100,00
Casa Branca	25,00	10,00	5,00	2,00	20,00
São José do Rio Pardo	6,00	10,00	17,00	15,00	15,00
Mococa	0,00	0,00	3,00	1,00	2,00
Itobi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vargem Grande do Sul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Fundação Seade - 2008. Elaborada por
Júliano P. de Mello.

O *Plano de Bacia - Pardo* (Relatório final, 2003) enfatiza o pequeno percentual de tratamento de esgotos domésticos, com grande carga poluidora remanescente que é lançada nos corpos d'água, notadamente nas áreas de Mococa (>3000 kg de DBO5/dia)², São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul (>1500 kg de DBO5/dia) .

Segundo o *Plano de Bacia - Pardo* (Relatório final, 2003) a demanda cadastrada para os mananciais Tambaú, Congonhas e Verde e para os Aquíferos Cristalino e Tubarão está em torno de 10,51% em relação à disponibilidade de água superficial e sub-superficial, porém, a demanda estimada para tais mananciais está em torno de 70,9%, ou seja, indicando a necessidade de cadastrar de forma sistemática os usuários de água, notadamente para o uso de irrigação e rural, conseqüentemente apontando para o uso crítico de águas superficiais para irrigação, além do que, ressaltando como fontes de poluição lixões e esgotos, e a poluição por cargas difusas associada a práticas agrícolas (agroquímicos) .

Nas últimas décadas os problemas relacionados à degradação ambiental têm sido alvos da mobilização de dirigentes do setor público e de grupos representativos da sociedade civil (VIME, 1997) . Com isso, reforça-se a necessidade da compreensão dos processos responsáveis, mais especificamente, pela degradação dos recursos hídricos, a fim de que se possa ter um entendimento sobre o porquê ela ocorre, e dessa forma poder associar o processo de ocupação e diferentes usos do território com a conservação dos mesmos, conseqüentemente, assegurando sua necessária disponibilidade para gerações presentes e futuras, com padrões de qualidade adequados aos usos.

Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde localiza-se na Região Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil e, possui suas nascentes na Serra da Mantiqueira, mais especificamente, no Município de Vargem Grande do Sul (SP), drenando os municípios de Itobi (SP), Casa Branca e São José do Rio Pardo (SP), tendo sua foz no Rio Pardo na altura do município de Mococa (SP) . O Rio Verde constitui-se no único manancial superficial para os municípios de Vargem Grande do Sul (SP) e Itobi (SP), e suas nascentes encontram-se totalmente localizadas nas encostas da Serra da Fartura, ao norte do sítio urbano de Vargem Grande do Sul (SP), mais precisamente na área da Fazenda Cafundó.

² Sigla para Demanda Bioquímica por Oxigênio. É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/ricos/variaveis.asp#db>. Consultado em 08/02/2008.

Caracterização geológica

Segundo o PROJETO SAPUCAI (DNPM/CPRM, 1979), a tectônica é o elemento primordial na formação do Planalto Atlântico Brasileiro, do qual a Serra da Mantiqueira, onde se encontram as nascentes do Rio Verde, é o bloco mais elevado e interiorizado, porém, no contato com o planalto sul de Minas (superfície do alto Rio Grande) as evidências tectônicas são mascaradas pela intensa erosão diferencial.

A Serra da Mantiqueira é constituída de uma assembléia de termos petrográficos representada, basicamente por granitos e granitóides porfiroblásticos, migmatitos diversos (incluindo espécimes de médio e alto grau de metamórfico), granulitos, micaxistos, "gnaiesses", rochas cataclásticas e, subordinadamente, dolomitos, quartzitos, metabasitos, metaconglomerados, metaultrabasitos e rochas calcossilicáticas (DNPM/CPRM, 1979:33).

A zona cristalina do Norte é constituída de rochas pré-cambrianas que mantêm um relevo de transição entre as terras altas do Planalto Sul de Minas e da Mantiqueira para a região rebaixada da Depressão Periférica. Está subdividida em duas zonas de feições ligeiramente distintas: subzona de Amparo e subzona de São José do Rio Pardo.

A subzona de São José do Rio Pardo estende-se desde o nordeste de Mogi Guaçu (SP) e Pinhal (SP) até Jacuí do Norte. Seu relevo mostra-se mais movimentado, sobretudo a noroeste de Poços de Caldas (MG), onde a tectônica é responsável pela elevação da superfície até níveis de 1550 metros. No restante da zona permanece a superfície Itaguá (550-720m), se bem que o relevo mais movimentado e dissecado por vales vigorosos mascara esta superfície (DNPM/CPRM, 1979:35).

A Depressão Periférica Paulista é escavada em rochas do Grupo Passa Dois, do Super-Grupo Tubarão e acompanha toda a frente do planalto sedimentar.

O Super-Grupo Tubarão, formado principalmente por arenitos, tilitos, diamictitos e silitos, evoluiu para um relevo de suaves colinas e amplos interflúvios esbatidos.

O contato das rochas sedimentares permocarboníferas que compõem a Depressão Periférica com as rochas do embasamento cristalino oferece áreas de diferentes resistências à erosão fluvial, tendo, como consequência, o aparecimento, nesta zona de contato, de soleiras resistentes cortadas nas rochas do embasamento e formação de cachoeiras e corredeiras, caracterizando assim a chamada "fall line" paulista (DNPM/CPRM, 1979:35-36).

Segundo ABEU (1972), a zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico reúne características ímpares no território paulista, o que se pode apreender facilmente através da análise de sua posição em relação à compartimentação geológica do Estado.

Pode-se constatar que os contrafortes ocidentais da Mantiqueira, no Estado de São Paulo, correspondem a um enorme arco, onde a morfogênese pode definir aquele arranjo particular de formas. Temos aí o imenso rebordo de um maciço antigo, para cuja gênese podemos lembrar as palavras de Ab' Saber (apud ABEU, 1972:8):

"... Já no centro sul de Minas Gerais, Nordeste de São Paulo e Estado do Rio de Janeiro, onde existe uma rede de drenagem radial irregular das mais notáveis encontradas nos velhos planaltos do Brasil - pode-se vislumbrar a presença de uma abóbada muito antiga, muito soerguida e muito complexa, a qual modernamente (fins do Terciário) foi atingida plenamente pelos efeitos da tectônica quebrável, tendo sido desfeita através de uma topografia acidentada de montanhas em bloco e fossas tectônicas (núcleo sul-ocidental do Escudo Brasileiro). Trata-se, aliás, da única área de compartimentação topográfica predominantemente tectônica de todo o Planalto Brasileiro..., originada pelo contato entre terrenos pré-cambrianos do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro e as rochas sedimentares, que a partir do Paleozóico depositaram-se sobre este embasamento, definindo a Bacia Sedimentar do Paraná."

ABEU (1972) ressalta que os estudos dos contatos entre os maciços antigos e os sedimentos que os recobrem, possuem um lugar especial na Geomorfologia, uma vez que a convergência de estruturas diferenciadas e seu arranjo espacial vão permitir o aparecimento de uma disposição singular de formas de relevo, sendo mesmo uma área-chave para a solução de problemas que afetam os dois grandes domínios geológicos.

Geologicamente, a área proposta no estudo de ABEU (1972), a qual, em grande parte, coincide com a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), caracteriza-se pela extrema diversificação de suas estruturas. Se os dois elementos fundamentais da geologia local, sedimentos paleozóicos pertencentes à Bacia do Paraná e os terrenos constituintes do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro, chamados por ALMEIDA (apud ABEU, 1972:11) de Maciço Atlântico, apresentam grande faixa de contato, mesmo se considerado apenas a porção que interessa ao Sudeste do Brasil em geral ou a São Paulo, em particular, o setor que nos propusemos investigar individualiza-se em função da intrusão alcalina de Poços de Caldas, que trouxe um novo elemento no

arranjo regional das estruturas neste rebordo do maciço antigo. A esta intrusão deveros acrescentar os *sills*, diques e lacólitos de diabásio que ocorreram com grande frequência entre os terrenos sedimentares, no setor centro-norte deste contato, em São Paulo, conseqüentemente, sendo um dos trechos de maior diversificação estrutural de nosso Estado.

Ressalta-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Verde registra uma grande diversidade litológica, estrutural e geomorfológica resultantes da combinação geológica com eventos paleoclimáticos, sendo que, sua evolução e povoamento ocorreram numa zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico (ARBU, 1972).

Segundo ARBU (1972), a paisagem do contato entre os terrenos pré-devonianos do leste paulista e as séries basais dos sedimentos gondwânicos, conforme o mapa geológico (fig. 2) e a TABELA II revelam, apresentam contrastes resultantes da alteração das condições litológicas/geomorfológicas que se operam ali, as quais têm suas conseqüências nas atividades humanas e seus reflexos na organização regional do espaço.

TABELA II - Unidades Geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Unidades	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Complexo Pinhal	213,70	40,70
Complexo Alfenas-Guaxupé	47,60	9,05
Complexo Caconde	3,50	0,70
Grupo São Bento - Formação Serra Geral	11,67	2,20
Grupo Tubarão	161,35	30,70
Depósitos Cenozóicos	87,48	16,65
TOTAL	525,30	100

Fonte: Plano de Bacia - Parob (Relatório final, 2003).
Elaborado por Juliano Pereira de Mello.

ARBU (1972) enfatiza que a combinação dos fatores estruturais e topográficos individualiza profundamente a área estudada, fazendo com que além de um rebordo de maciço antigo, ela seja também uma área de transição geológica, apresentando-nos não só um mosaico de formas de relevo, mas também aspectos bioclimáticos contrastantes.

Além disso, a convergência de todos estes elementos deve ser associada ainda, ao fato da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) estar situada em uma posição extremamente complexa junto dos domínios morfoclimáticos brasileiros (ARBU, 1972) encontrando-se na transição entre os chapadões florestados, característicos do centro-oeste paulista e as áreas tipicamente manenolizadas, de vertentes policonvexas, do sul de Minas, ambas integradas no Domínio dos Mares de Morros, de caráterazonal,

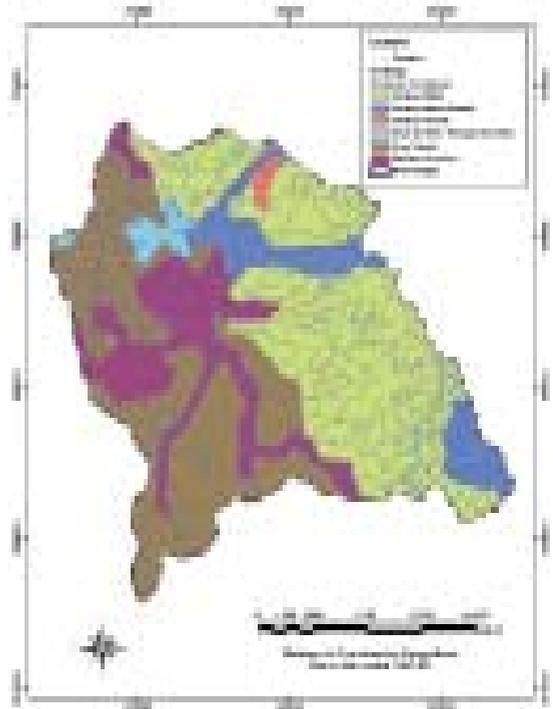


Fig. 2 - Mapa Geológico - Bacia hidrográfica do Rio Verde (SP).

Fonte: Plano de Bacia - Parob (Relatório final, 2003).
Elaborado por Juliano Pereira de Mello (2008).

esta região apresenta ainda aspectos que a vinculam à faixa de transição para o domínio dos Cerrados, zonal, possuindo em certos compartimentos um fácies geocológico que a liga a este domínio.

Estamos, portanto, diante de uma área cujo mosaico paisagístico e geocológico é extremamente complexo, na estruturação do qual se associaram fatores bioclimáticos zonais e azonais, atuando sobre um arcabouço estrutural de tal ordem e trabalho em sua retaguarda de tal maneira, que encontramos aqui uma quase síntese paisagística do Estado (ARBU, 1972:12).

Um contato geológico-geomorfológico de disposição simples

A paisagem do contato entre os terrenos pré-devonianos do leste paulista com as séries basais dos sedimentos gondwânicos, nas proximidades de Vargem Grande do Sul revela os contrastes resultantes da alteração das condições litológicas. Há que se registrar as conseqüências destas mudanças na estruturação das atividades humanas e seus reflexos na organização regional do espaço (ARBU, 1972:88).

Segundo ARBU (1972), na área de ocorrência de contato entre rochas do embasamento e sedimentos paleozóicos encontramos depósitos de sedimentos modernos ao longo das várzeas e alvéolos, sendo que nos arredores de Vargem Grande do Sul eles

adquirem maior expressão; temos aí calhas aluviais relativamente amplas que envolvem a cidade com material detrítico (foto 1) originado na "old land" e depositados em grande quantidade neste trecho devido à ruptura de declive operada nos perfis longitudinais dos cursos d'água ao ingressarem na Depressão Periférica. Nas proximidades de Vargem Grande do Sul esse material vai ter grande importância para a indústria cerâmica (foto 2), a qual atende, principalmente, às demandas da Região de Governo de São João da Boa Vista. Além do que, o próprio nome da cidade é bastante significativo e evoca a existência de tais sedimentos depositados por cursos que penetram na Depressão em condições de rios conseqüentes ou resseqüentes.



Fot. 1 – Áreas de várzea – Vargem Grande do Sul (SP)

Obs.: Vista panorâmica das áreas de várzea às margens do rio Verde. As fotografias para esta montagem foram tiradas a partir da visada do Bairro Fortaleza, Vargem Grande do Sul (SP). Fonte: Fotos do autor, 19/08/2007.

Caracterização climática

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI)³, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde é caracterizada pelo clima temperado úmido, com Inverno seco e Verão (Cwa - Sistema Internacional de



Fot. 2 – Área de extração de argila – Vargem Grande do Sul (SP)

Obs.: Cava de argila para abastecimento de atividade ceramista às margens do rio Verde e próximo ao sítio urbano de Vargem Grande do Sul (SP).

Fonte: Foto do autor, 19/08/2007.

Köppen) em que a temperatura média do mês mais frio está em torno de 17,7°C (julho) e a do mês mais quente ultrapassa 23°C (fevereiro).

Além disso, conforme as informações do quadro 5, o total de chuvas do mês mais seco não ultrapassa 21,5 mm.

A estação seca nessa região ocorre nos meses de abril a setembro, sendo agosto o mês em que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média do mês mais quente oscila entre 23°C e 24°C (Tabela III).

Para a caracterização pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) foram utilizados os dados pluviométricos do posto C3-009 - Vargem Grande do Sul, cuja altitude está em torno de 750 m e situa-se na latitude 21°50'S e longitude 46°54'. Foi

Tabela III – Resumo das Características Climáticas – Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Classificação Climática de Koeppen: Cwa				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)			CHUVA (mm)
	mínima	média	máxima	
JAN	18.1	29.1	23.6	260.5
FEV	18.3	29.2	23.7	190.3
MAR	17.5	28.9	23.2	161.1
ABR	15.0	27.6	21.3	73.2
MAI	12.3	25.8	19.0	52.7
JUN	10.9	24.7	17.8	28.3
JUL	10.4	25.0	17.7	24.9
AGO	11.8	27.2	19.5	21.5
SET	13.9	28.4	21.2	69.2
OUT	15.6	28.7	22.1	138.3
NOV	16.4	28.8	22.6	176.8
DEZ	17.5	28.6	23.0	254.4
Ano	14.8	27.7	21.2	1451.2
Mínima	10.4	24.7	17.7	21.5
Máxima	18.3	29.2	23.7	260.5

Fonte: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_635.html. Consulta em 15/12/2007.

³ Informação retirada do site http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_635.html. Consulta em 15/12/2007.

escolhido para o estudo dos índices pluviométricos da bacia o período de 1960 a 2004. A partir dos dados dos totais pluviométricos mensais foram calculados os totais anuais e as médias mensais para o período de 1960 - 2004 (fig. 3).

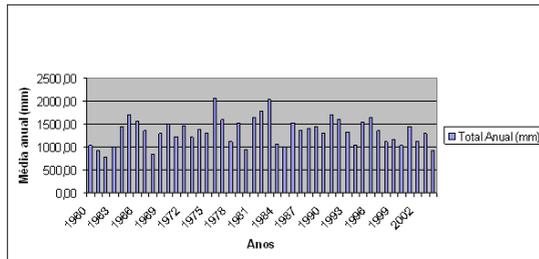


Fig. 3 - Totais Pluviométricos Anuais para a Bacia do Rio Verde (SP) - 1960 a 2004.

Fonte: <http://www.sighp.sp.gov.br/cgi-bin/bohm.exe/plu>. Consultado em 20/01/2008.

Assim, podemos afirmar que os anos de maior fenômeno pluviométrico total ocorreram em 1976, com um valor de 2058,30 mm e 1983 com 2034,30 mm (fig. 3) e que os anos de maior fenômeno pluviométrico média/mensal ocorreram em 1961, com valor médio alcançando cerca de 155,4 mm/mês, 1976 com valor médio de 171,5 mm/mês e 1983 com valor médio de 169,5 mm/mês (fig. 4).

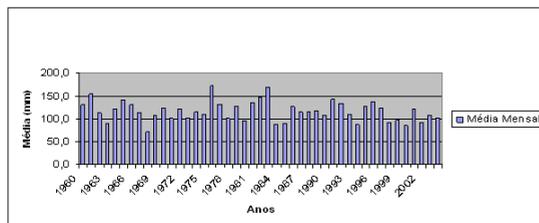


Fig. 4 - Precipitação Média Mensal (mm) (1960 - 2004).

Relações entre o processo de povoamento, o uso das terras e a compartimentação geomorfológica na bacia do Rio Verde.

Conforme ressaltado por ABREU (1972), o Rio Verde apresenta extensas áreas de várzeas e com seu traçado sinuoso delimita a transição entre os Ecossistemas da Serra e dos Campos Cerrados no Nordeste do Estado de São Paulo, onde a ocupação urbana e agrícola de Vargem Grande do Sul teve início na segunda metade do século XIX.

ABREU (1972: 88-89) enfatiza a organização do povoamento, sua densidade e dinamismo, o que melhor revela as atitudes tomadas pela população local face aos compartimentos morfo-estruturais da área do município de Vargem Grande do Sul. Sendo que, o povoamento rural, primeiramente, concentrou-se nos terrenos cristalinos, tomando-se menos denso sobre os sedimentares; o povoamento urbano, contudo, definido no contato dos dois domínios, sobre

o embasamento, cresce preferencialmente em direção às áreas sedimentares.

A análise do sítio urbano de Vargem Grande do Sul demonstra-nos uma série de fatos significantes. Tendo-se originado sobre o interflúvio, já próximo da confluência do Ribeirão Santana com o Rio Verde, assentando-se em seu início sobre o pequeno "replat", o núcleo urbano apresentava-se, de certa forma, com reduzidas possibilidades de expansão. A leste, os terrenos tomam-se dissecados e cheios de obstáculos, a norte, sul e oeste a cidade é envolvida por várzeas relativamente amplas e sujeitas a cheias. Contudo, o significado dos dois obstáculos é diferente, pois superada a várzea surgem terrenos mais propícios à utilização urbana, portanto, transpostas as duas várzeas, a cidade elegeu as colinas de relevos tabuliformes da Depressão Periférica como direções preferenciais de expansão (ABREU, 1972:89). Atualmente, a área urbana ocupa as duas vertentes do interflúvio sobre o qual se originou e já conquistou as vertentes de além-várzea, iniciando agora a ocupação das faces opostas a estas segundas, em plena área sedimentar. Uma dessas direções, aliás, foi inclusive reforçada pela presença da rodovia, asfaltada hoje, que une Casa Branca a São João da Boa Vista, passando por Vargem Grande do Sul.

Conforme ABREU (1972:89), a situação do povoamento rural é bastante diferente, pois, em primeiro lugar, cumpre ressaltar na área a existência de formas dispersas e agrupadas, embora a primeira predomine largamente e apresente-se nitidamente orientada pela drenagem, sendo exemplos característicos os definidos ao longo dos vales do Rio Verde e Ribeirão Santana, a leste de Vargem Grande do Sul. Nestes dois vales citados pode-se, igualmente, perceber a posição das construções, predominantemente na baixa encosta, em plano ligeiramente superior ao da várzea, correspondendo de um modo geral a pequenas propriedades rurais que têm nas terras da várzea, através da rizicultura ou do plantio de cebolas e batatas, um dos trechos valorizados de seus solos (ABREU, 1972:89).

Além do povoamento linear disperso ao longo dos vales, encontramos ainda outro tipo de dispersão, que ABREU (1972:89-90) chama de nodular, a qual embora ligada à drenagem não se enquadra no primeiro caso. Esta segunda modalidade, em geral, apresenta construções localizadas em pontos mais elevados das vertentes e inclusive, correspondendo com certa frequência a cabeceiras de drenagem. É um tipo associado a propriedades rurais de maior extensão e a disposição das casas revela, às vezes, a antiga fazenda cafeicultora com a típica "colônia", como ocorre a nordeste de Vargem Grande do Sul, e que foi largamente substituída pelas pastagens.

O povoamento rural concentrado surge no sudeste da área, já no contato da Bacia do Rio Verde com a Bacia do Jaguari-Mirim é representado pelo bairro Pedregulho, o qual pertence ao município de São João da Boa Vista, e cujo topônimo lembra a presença dos cascalhos e matações que ocorrem com grande frequência na região (ARAUJO, 1972:90).

No trecho sedimentar ARAUJO (1972) identificou a redução do povoamento, que se rarefaz ainda mais a oeste da região, porém, a partir da década de 1980, há que se ressaltar o surgimento e consolidação de vários bairros tomando-o um eixo da expansão urbana do município ao longo da Rodovia que liga Vargem Grande do Sul à Casa Branca.

Segundo ARAUJO (1972), outro fato que reflete para ao observador as mudanças estruturais é o recobrimento vegetal que veio sofrendo alto grau de alteração pela intervenção humana. Os terrenos cristalinos do leste, a julgar pelos remanescentes que se encontram dispersos, os quais regredem à medida das atividades humanas, sugerem um pretérito recobrimento vegetal extensivo desde a "old land" pela Mata Tropical Atlântica, com caráter semi-decíduo, inicialmente substituída pela cafeicultura, o que, é confirmado pelas estatísticas agrícolas do início do século passado (1909), que davam para Vargem Grande do Sul, então distrito de São João da Boa Vista, 1.154.700 cafeeiros. Esse total engloba dados de São Roque da Fartura (atualmente pertencente a Águas da Prata) e São Sebastião da Gramma (hoje município) e torna claro o papel

representado por este produto no desmatamento generalizado que hoje se observa na região.

Os terrenos sedimentares a oeste da bacia hidrográfica são caracterizados pelo cerrado, o qual, vem sendo igualmente reduzido e empobrecido pela ação antrópica. Os cerrados localizados a sudeste de Vargem Grande do Sul são extremamente raquíticos, com arbustos muito pequenos e utilizados como pastagens extensivas e, como ressaltado por ARAUJO (1972:91), seu aspecto degradado é resultado de um prolongado processo de exploração pelo homem, sendo que em sua maior parte ocorre no interflúvio Jaguari-Mirim - Rio Verde, em cotas entre 650-720 metros, estando as várzeas dos rios citados abaixo de 630 metros. Ressaltamos que a ocupação agrícola no Município de Vargem Grande do Sul partiu da região da Serra da Fartura em função da presença das nascentes, inclusive as do Rio Verde, pois, a água era e continua sendo elemento de suma importância para o agricultor. Era fonte da força motriz empregada nas maquinarias de tuiha, monjolos e serrarias. E, com o advento da lavoura cafeeira passa a ser amplamente utilizada no beneficiamento e na classificação das diversas tipologias do café.

Segundo matéria publicada na "Gazeta de Vargem Grande" (24/07/1994), no início do uso e ocupação do território de Vargem Grande do Sul, a relação ecológica entre o agricultor e o meio teve um caráter não predatório, ou seja, pautava-se por um equilíbrio, no qual, protegia-se a mata natural das nascentes e a mata ciliar a fim de preservar a água,

TABELA IV - Uso e Ocupação da Terra (1998 a 2002/2003)

Município	Área Urbana		Fruticultura		Café		Cana-de-açúcar		Cultura Anual* (sem irrigação)	
	-1988 (há)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)
Casa Branca	973	1.201	10.491	17.926	626	73	7.874	37.084	22.410	0
Itobi	102	145	0	0	33	0	151	4.156	3.400	0
Mococa	1236	1.978	569	2.062	2.849	2.939	11.191	26.843	2.068	3.623
São José do Rio Pardo	710	1.456	0	0	1485	0	291	6.362	1.868	1.113
Vargem Grande do Sul	834	834	79	184	35	230	6.084	9.219	4.356	1.190
TOTAL	3855	5.614	11.139	20.172	5028	3242	25.591	83.664	34.102	5926
Município	Cultura Anual* (Pivô de irrigação)		Silvicultura		Pastagem		Vegetação Natural		Vegetação Ripária	
	(1988) (há)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)
Casa Branca	1.376	8.143	8.555	6.094	18.754	1.224	2.588	2.196	11.724	11.572
Itobi	0	743	0	105	7.340	5.807	1.007	950	1.717	1.870
Mococa	0	1.264	135	22	47.504	27.285	10.775	9.221	8.198	9.240
São José do Rio Pardo	0	500	0	102	27.460	22.059	5.676	5.559	3.826	4.058
Vargem Grande do Sul	100	1475	599	209	9.869	8.564	997	997	3.375	3.383
TOTAL	1.476	12.125	9.289	6.532	110.927	64.939	21.043	18.923	28.840	30.123

* Principalmente batata e cebola. Fonte: QUARTAROLI et al. (2006).

além do que, também não eram derrubadas as matas de encostas, com a finalidade de proteger os cafezais das geadas. Em 1929, com a crise do café e o abandono das terras nos primeiros anos devido aos escassos capitais, começa a penetrar na região a pecuária leiteira, favorecendo o desmatamento para a formação de pastos. Sendo assim, rompendo-se a relação de maior equilíbrio que perdurou durante o ciclo do café.

O processo de desmatamento foi intensificado nos anos de 1960 com a introdução das culturas mecanizadas de soja e batata nas áreas pertencentes ao domínio da Depressão Periférica, onde, os cerradões foram substituídos pelas culturas irrigadas e, posteriormente, pela monocultura da cana-de-açúcar.

Na TABELA IV são apresentadas as áreas em hectares das dez classes de uso e ocupação da terra mapeadas segundo trabalho realizado por QUARINOLI *et al.* (2006), no qual, mais uma vez, ressalta-se o uso agrícola, em especial, o aumento da área plantada de cana-de-açúcar em 58.073 ha (+227%), bem como, o de culturas anuais irrigadas em 10.649 ha (+721%), no período de 1988 a 2002/2003 (Embrapa, Monitoramento por Satélite, 2006), além do que, de maneira geral, a diminuição da vegetação natural, no mesmo período, em 2.120 ha, ou seja, em 10,1%, porém, chamando à atenção para um aumento total da vegetação ripária de 1.283 ha, ou seja, em 4,45%.

Resultados e análises

Apresentamos como resultados utilizados na confecção final do mapa de fragilidade potencial o mapeamento da drenagem, da classificação da hierarquia fluvial, das características morfométricas (classes de declividade e compartimentação hipsométrica/MDI), da geologia, das classes de solo e do uso e ocupação da terra.

Para delimitarmos o divisor d'água da bacia hidrográfica do Rio Verde, bem como, construímos os mapas da hierarquia fluvial, das classes de declividade, compartimentação hipsométrica e do modelo digital do terreno, fizemos uso de quatro folhas topográficas do IBGE⁴ na escala 1:50.000 (Folha São José do Rio Pardo, 1970; Folha Casa Branca, 1971; Folha Rio Tambaú, 1971; Folha São João da Boa Vista, 1972) articuladas conforme quadriculas seguintes, que recobrem a área da bacia hidrográfica do Rio Verde (fig. 5).

As cartas citadas foram obtidas no site do IBGE em formato *Tag Image File Format* (TIFF) e *Portable Document Format* (PDF), sendo que as de formato PDF também foram transformadas em formato TIFF. Posteriormente, as cartas foram inseridas no Sistema



Fig. 5 - Articulação das Folhas Topográficas

de Informação Geográfica (SIG) *Arc Map 9.1* e, em seguida, geo-referenciadas e digitalizadas com relação às curvas de nível, pontos cotados, canais de drenagem e nascentes.

O mapa geológico da bacia hidrográfica do Rio Verde foi construído a partir do mapa do PLANO DE BACIA – PARDO (RELATÓRIO FINAL) (2003), o qual, assim como o mapa pedológico obtido no trabalho de QUARINOLI *et al.* (2006), foram inseridos no SIG *Arc Map 9.1* em formato TIFF, geo-referenciados e digitalizados conforme as estruturas geológicas e pedológicas presentes na área da bacia hidrográfica. Estamos prosseguindo com a digitalização do mapeamento do uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde em ambiente SIG (sistema de informação geográfica) levando em consideração o período de 1988 a 2002 conforme trabalho apresentado por QUARINOLI *et al.* (2006).

Drenagem e hierarquia fluvial

Segundo ABREU (1972:27-28), o Rio Verde apresenta sua rede de drenagem dividida entre os terrenos cristalinos e os terrenos sedimentares, onde, em primeiro lugar, nota-se a diminuição de controles estruturais, para a maior parte dos canais e, em seguida, a mediocridade da maior parte dos divisores d'água, os quais, com raras exceções, apresentam aspectos de colinas de topos tabuliformes. Assim é que os rios provenientes das terras pertencentes à Mantiqueira Ocidental, ao penetrarem nos terrenos sedimentares da Depressão Periférica, mudam a direção de seus cursos, passando a revelar outro padrão, como é o caso do Rio Verde, em seu médio e baixo curso.

Conforme ABREU (1972:29-30), outro aspecto que individualiza a porção do rebordo ocidental da Serra da Mantiqueira na área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, quando comparada com os terrenos

⁴ Folhas obtidas no site do IBGE (www.ibge.gov.br) em formato TIFF e PDF em 15/01/2007.

cristalinos do leste, é a forma dos vales, que agora são amplos, com rios meândricos, em fundos de vales frequentemente ocupados, nas cartas topográficas, com símbolos de vegetação de brejo.

Por meio de uma caracterização global dos padrões de drenagem, ARBU (1972:30) distinguiu, de um lado, o setor sedimentar e, de outro, o cristalino, sendo que neste último está evidente a presença de uma área bem individualizada, representada pela intrusão alcalina que originou as estruturas do Planalto de Poços de Caldas e que introduziram um novo padrão de comportamento nas rochas cristalinas encaixantes.

Segundo CHRISOFLEITI (1980:106), a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra, o que é realizado em função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfoétricos (análise linear, areal e hipsométrica).

Na presente definição da hierarquia fluvial adotamos o sistema de classificação introduzido por Arthur N. STRAHLER, em 1952 (apud CHRISOFLEITI, 1980), no qual, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até à confluência; 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 primeira e de segunda ordens. E assim, sucessivamente.

Sendo assim, procedemos à classificação da hierarquia fluvial na Bacia Hidrográfica do Rio Verde da seguinte maneira:

- 1º- Fazendo uso do conjunto das cartas topográficas (em formato digital) inseridas e geo-referenciadas no SIG Arc View (9.1), digitalizamos/vetorizamos todos os canais da bacia hidrográfica em questão;
- 2º- Na medida em que os canais iam sendo digitalizados procedemos às suas respectivas classificações conforme STRAHLER (1952), conseqüentemente, criando uma tabela no banco de dados do SIG Arc View (9.1) de correspondência entre a linha que representa o canal e o número de sua ordem.

Conforme a TABELA V e o respectivo mapa da hierarquia fluvial (fig. 6) chamamos à atenção para a predominância dos canais de primeira ordem – 76,30% (fig. 7), os quais, foram colocados em vermelho para melhor visualizarmos a distribuição espacial dos mesmos.

Ressaltamos a concentração espacial dos canais de primeira ordem (fig. 6) nos terrenos cristalinos da bacia hidrográfica, onde, configura-se área de mananciais/nascentes, cu seja, de exfiltração do lençol freático e,

conseqüentemente, caracterizando-a como sendo de alta susceptibilidade a processos morfoétricos.

TABELA V – Classificação da Ordem dos canais de drenagem Bacia Hidrográfica do Rio Verde (segundo Arthur N. STRAHLER, 1952)

Ordem	Número de canais	Porcentagem (%)
1	486	76,30
2	112	17,60
3	32	5,00
4	6	0,94
5	1	0,16
Total	637	100

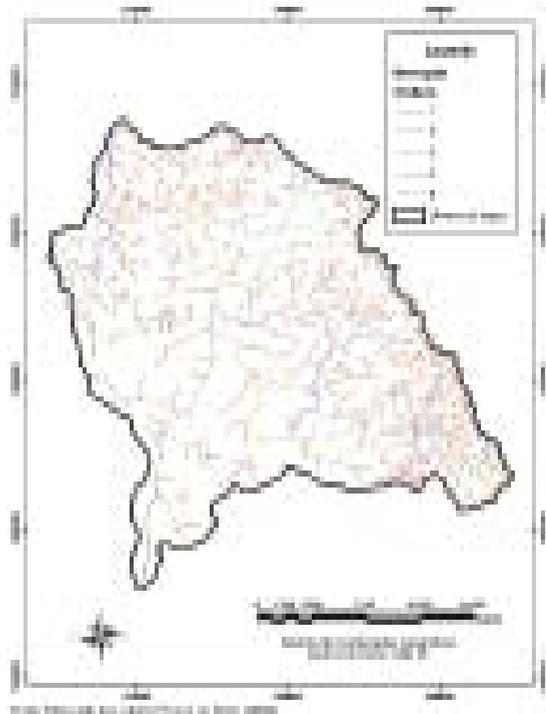


Fig. 6 – Mapa da Hierarquia Fluvial Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

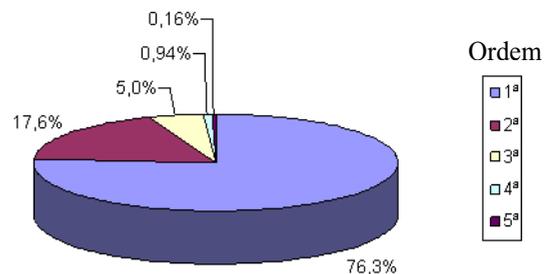


Fig. 7 – Distribuição Percentual da Hierarquia Fluvial (Bacia hidrográfica do Rio Verde).

Ao analisarmos a drenagem em relação ao mapa geológico (fig. 6) percebemos, assim como ARBU (1972) ao estudar a bacia hidrográfica do Rio Jaguari, que a drenagem densa sobre os terrenos do

embasamento cristalino, a qual, é marcada pela maior presença dos canais de primeira ordem, acaba por se tornar reduzida nas áreas sedimentares sugerindo uma permeabilidade maior destas rochas.

ARAUJO (1972) enfatiza que a disposição dos rios e seus formadores revelam alguns fatos característicos de um setor de "old-land", com uma longa história fisiográfica. Assim é que as direções de fraqueza, representadas por diaclasamentos, ou mesmo direções estruturais de outra natureza, estão claramente refletidas na orientação da drenagem, o que talvez explique a relativa frequência de disposições ortogonais em junções de cursos d'água, especialmente em rios e sulcos coletores temporários de categoria inferior, fato bastante nítido, por exemplo, na área localizada a nordeste de Vargem Grande do Sul. É ainda aí, através de freqüentes encaixamentos e numerosas rupturas no perfil longitudinal dos rios, que vamos registrar a presença de vales predominantemente em "V", os quais se tornam cada vez mais fechados a montante. A existência de corredeiras, aliás, é característica aparecendo em toda a área.

A análise do interflúvio entre o Jaguari-Mirim e o Rio Verde, conforme observa ARAUJO (1972), permite-nos compreender relativamente bem a disposição geral do relevo e das estruturas nesta região. É um divisor d'água orientado, grosso modo, de oeste para leste, quase perpendicular ao contato das duas grandes unidades morfo-estruturais em questão: Planalto Atlântico e Depressão Periférica. O setor cristalino apresenta-se bastante dissecado, com vales em "V" fechados e vertentes freqüentemente coalhadas de matações. No setor oeste do contato supracitado, sua declividade diminui ainda mais e as vertentes apresentam drenagem pobre com vales amplos. De um lado temos o domínio das colinas de topos tabuliformes e esbatidos da Depressão Periférica, de outro surgem colinas em meias laranjas discretas, que dão lugar a um terreno mais dissecado a leste, ao nos aproximarmos da "Serra da Fartura" (ARAUJO, 1972:93).

Compartimentação hipsométrica

O mapa de compartimentação hipsométrica (fig. 8) foi gerado no software Arc Map 9.1 fazendo uso do processo de triangulação.

CHRISTOFRETTI (1980) define a análise hipsométrica como o estudo das inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante à sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

Sendo assim, a compartimentação hipsométrica objetiva agrupar áreas em classes de altitudes similares para podermos diferenciar níveis de aplainamento e melhor analisarmos o papel da energia potencial do relevo. Além do que, neste caso, auxilia-nos a percebermos o contato entre os terrenos do cristalino – apresentando cotas altimétricas mais elevadas (acima de 700 metros) – e os terrenos sedimentares, com cotas menores, bem como, as intrusões de diabásio.

A produção do mapa hipsométrico (fig. 8) ocorreu a partir da digitalização das curvas altimétricas das quatro cartas topográficas que compõem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde as quais, estão na escala 1:50.000 e apresentam equidistância das curvas de nível de 20 metros. As cotas altimétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde variam de 560 metros no ponto onde este deságua no Rio Pardo na altura do município de Mococa (SP) (ponto de controle da bacia hidrográfica) e chega até 1300 metros em alguns picos da Serra da Mantiqueira (cristalino).

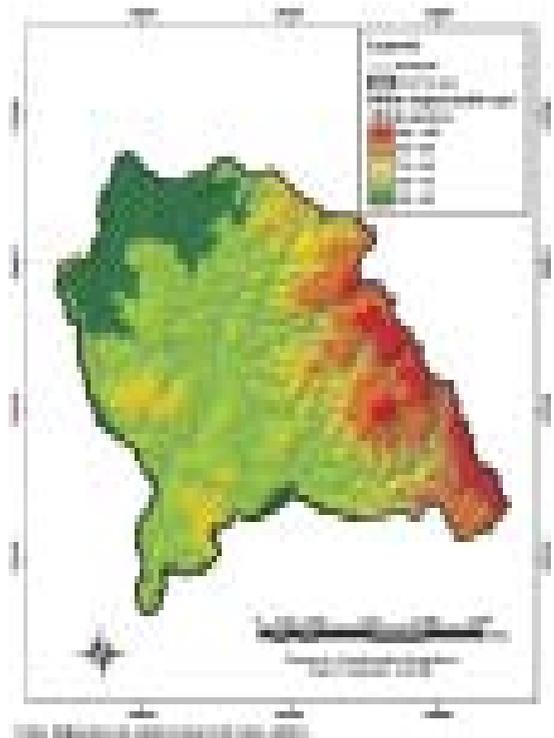


Fig. 8 – Mapa de Compartimentação Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

A figura 9 apresenta a porcentagem da área ocupada por cada classe de compartimentação hipsométrica definida na Bacia Hidrográfica do Rio Verde. Sendo assim, evidencia-se um predomínio de cotas altimétricas entre 650 e 740 metros (41,8%), ficando as cotas de 740 a 840 metros com 22,3% da área da bacia hidrográfica, as de 560 a 650 com

15,3%, as de 840 a 960 metros representam 13,9% e as de 960 a 1300 metros chegam a 6,7% da área total da bacia hidrográfica do Rio Verde.



Fig. 9 - Compartmentação Hipsométrica- Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) .

As cotas altimétricas entre 560 e 740 metros estão diretamente relacionadas com os terrenos sedimentares, ao passo que, as cotas acima de 740 metros de altitude caracterizam os terrenos do embasamento cristalino, bem como, as intrusões de diabásios em meio aos Depósitos Cenozóicos e sedimentos dos Grupos Tubarão e São Bento. Além disso, mais uma vez ressaltamos que na área da Serra da Mantiqueira observamos a maior concentração de canais de primeira ordem, os quais, diretamente associados às maiores cotas altimétricas.

Declividade

O mapa de declividade (fig. 10) foi gerado no software Arc Map 9.1 a partir do modelo digital do terreno da área da bacia hidrográfica do Rio Verde com o uso de interpolação por triangulação (função TIN) e foram definidas as classes das cotas altimétricas, bem como a análise das mesmas, segundo Ross (1994) .

A declividade de um terreno tem interferência direta no volume e na velocidade das águas pluviais que escoam pelas vertentes (BERIONI & LOMBARDI, 1990) . Sendo assim, o grau de declividade é fator fundamental na análise da dinâmica dos elementos que compõem a bacia hidrográfica e sua "fragilidade" .

Quanto ao relevo, a maior influência está no comprimento e na declividade das vertentes. As mais íngremes facilitam a erosão dos solos na medida em que aumentam o escoamento superficial. ROSE (1977, apud TAVARES & VIME, 1993) , cita trabalhos de diversos pesquisadores demonstrando que as perdas de terra crescem de modo exponencial em função do aumento da inclinação das vertentes.

O mapa de classes de declividade (fig. 10) e a figura 11, no qual estão os valores ocupados pelas respectivas áreas de cada classe de declividade, revelam-nos que 44,5% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde apresenta declividades em torno de 0° a 3,1°, 37,1% da área apresentam de 3,2° a 9,4°, 11,7% de 9,5° a 18°, 5,4% de 19° a 35° e 1,3%

(incluindo as distorções no divisor da bacia hidrográfica) revelam declividades entre 36° a 61° .

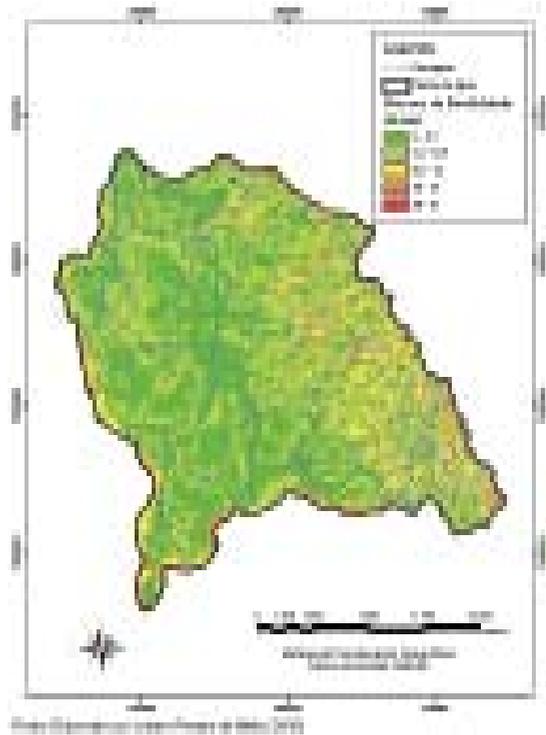


Fig. 10 - Carta Clinográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) .

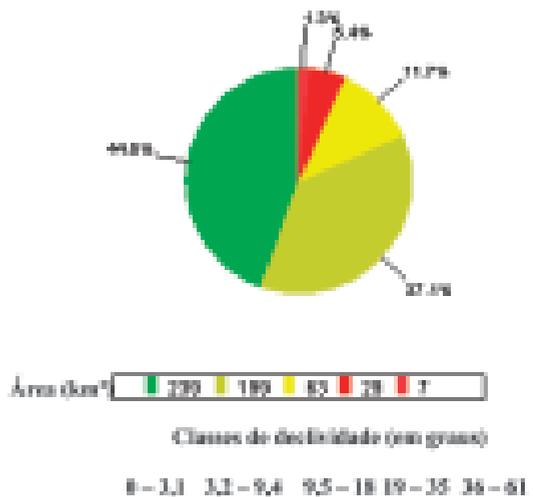


Fig. 11 - Áreas das classes de declividade - Bacia do Rio Verde (SP) .

Para Ross (1994) declividades de até 6% caracterizam ambientes com baixa fragilidade (TABELA V) . A Bacia Hidrográfica do Rio Verde está classificado como de muito baixa a baixa fragilidade nas áreas de até 3,1° (aproximadamente 6,9% de declividade) , o que, como explicitado anteriormente, representa uma área de, aproximadamente, 239 km² (44,5% da área total da bacia hidrográfica) .

As classes de baixa a média fragilidade ocupam uma área de 199 km² (37,1% do total), pois, 3,2° a 9,4° equivalem de 6% a 20% de declividade. Sendo assim, os restantes 99 km² (18,4% da área total) com 9,5° a 61° estão classificados de alta a muito alta fragilidade, pois, equivalem a valores acima de 20% de declividade.

Observando os mapas da hierarquia fluvial (fig. 6), de compartimentação hipsométrica (fig. 8) e a carta clinográfica (fig. 10, salvo as distorções da modelagem TIN), ressaltamos que as maiores declividades estão concentradas nas áreas do embasamento cristalino da Serra da Mantiqueira, assim como, as maiores cotas altimétricas e o maior número de canais de primeira ordem, conseqüentemente, configurando uma região de maior susceptibilidade e/ou vulnerabilidade a processos morfogenéticos.

Além disso, ressaltamos que apesar das maiores declividades serem encontradas nas áreas do embasamento cristalino, os maiores comprimentos de vertente estão nas áreas dos terrenos sedimentares (parte da Depressão Periférica), sendo que, como comprovado por experimentos de campo realizados por BERIONI *et al.* (1972, apud BERIONI & LOMARDI NETO, 1990:55), quanto maior o comprimento das rampas (vertentes), maior a perda de solo por hectare.

Solos

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde apresenta quatro unidades pedológicas, as quais estão nomeadas segundo o novo sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e têm suas respectivas áreas de abrangência e porcentagens relativas expressas na TABELA VI, bem como, suas distribuições espaciais conforme revela o esboço pedológico (fig. 11) elaborado a partir do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 1999 apud QUARTAROLI *et al.*, 2006).

TABELA VI – Fragilidade dos tipos de solos

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
Muito Alta	Argissolo Vermelho, Neossolo Litólico e Neossolo Arênico

Fonte: Ross, 1994, adaptado à nova classificação de solos da Embrapa.

Enfatizamos aqui os possíveis problemas a serem encontrados no esboço pedológico apresentado (fig. 11), os quais, ocorrem da utilização como referência, em função do tempo e objetivos do trabalho, do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000.

Segundo GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184), os Latossolos, que no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde constituem uma área total (soma das áreas do Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho) de 281,25 km², ou seja, 53,52% da área total da bacia hidrográfica e estão distribuídos, em sua maior parte (Latossolos Vermelhos), pelos terrenos da Depressão Periférica Paulista, caracterizam-se por apresentarem horizonte B latossólico (Bw) marcado por avançado estágio de intemperização; formação de argila de baixa atividade; capacidade de troca catiônica (CTC) baixa; cores vivas, neste caso, brunadas e avermelhadas; boa agregação; estrutura comumente granular; e com pouca ou nenhuma acumulação de argila iluvial (translocada de horizonte superficial). São solos profundos, ácidos a fortemente ácidos (com exceção dos eutróficos), bastante porosos e permeáveis, de textura que varia de média a muito argilosa, e com predomínio de argilominerais do grupo 1:1 (caulinítico-gibbíticos), quartzo e outros minerais altamente resistentes à intemperização.

Sendo assim, os Latossolos, de um modo geral, apresentam reduzida susceptibilidade à erosão, pois a boa permeabilidade e drenabilidade e a baixa relação textural B/A (pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B) garantem na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão (GUERRA & BOTELHO in CUNHA & GUERRA, 2001:184), conseqüentemente, confirmando este tipo de solo na classe de "fragilidade muito baixa" segundo a classificação de ROSS (1994) contida na TABELA VI.

A Unidade "PVA 8", a qual, está distribuída na porção Leste/Sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Verde e ocupando uma área de 163,1 km² (31,04 % da área total da bacia) dos terrenos pré-devonianos da Serra da Mantiqueira, compõe uma associação complexa de solos Litólicos, Cambissolos, Argissolos (Vermelho-Amarelo) e Petroplintossolos. É a unidade que apresenta os solos mais rasos e, por vezes, ocorrência de pedregosidade.

Os solos Litólicos ocorrem nas áreas de topografia mais dissecada (contrafortes da Serra da Mantiqueira), associados a afloramentos de rocha, de um modo geral formam pequenas áreas mapeáveis em escalas de detalhe (maiores que 1:20.000); são solos pouco evoluídos, rasos (com, no máximo, 50 cm até o contato com o substrato rochoso), caracterizam-se pela presença do Horizonte A sobre a rocha ou sobre o horizonte C pouco espesso. Sendo que, devido à pequena espessura, GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:190-191) enfatizam que o fluxo d'água em seu interior é precocemente interrompido, facilitando o escoamento em superfície, gerado pela rápida saturação do solo, e em sub-superfície, na zona de

contato solo-rocha. Tal situação pode responder pela ocorrência de processos erosivos e, mais especificamente, de deslizamentos, agravando-se nas encostas mais íngremes e desprovidas de vegetação.

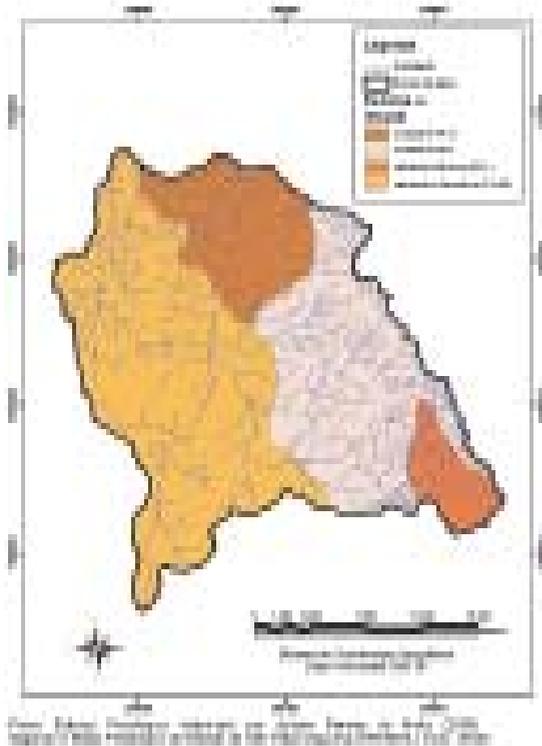


Fig. 11 - Esboço Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Os Cambissolos, segundo GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001: 187) possuem horizonte B incipiente (Bi), caracterizado pela presença de muitos minerais primários de fácil intemperização, ausência ou fraca presença de cerosidade, textura variando de franco-arenosa a muito argilosa, teor de silte, em geral, elevado e estrutura, comumente em blocos, fraca ou moderada. O grau de susceptibilidade desses solos à erosão é variável, dependendo da sua profundidade (os mais rasos tendem a ser mais susceptíveis, devido à presença da camada impermeável, representada pelo substrato rochoso), da declividade do terreno, do teor de silte e do gradiente textural, sendo que RIBE (1994) os classifica, de modo geral (vide TABELA VI) como de "alta fragilidade".

TABELA VI - Classes de Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Unidade Pedológica	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Latossolo Bruno (LB 1)	31,2	5,92
Unidade PVA 11	81,15	15,44
Unidade PVA 8	163,1	31,04
Latossolo Vermelho (LV 49)	250,05	47,60
Total	525,5	100

Fonte: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (apud QUARTAROLI *et al.*, 2006)

Os Plintossolos são encontrados em ambientes específicos, onde há condições de escoamento lento ou encharcamento periódico. Sendo assim, áreas de relevo plano e suavemente ondulado, depressões, terraços e várzeas são os locais de maior incidência desses solos (GUERRA & BOTELHO in CUNHA & GUERRA, 2001:187). Os Plintossolos distinguem-se por possuir horizonte plíntico, caracterizado pela presença de plintita em quantidade não inferior a 15%, com espessura de no mínimo 15 cm e profundidade variada, de acordo com o tipo de horizonte sobrejacente.

GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:188) ressaltam que no caso de aumento acentuado no teor de argila dos horizontes superficiais para o horizonte plíntico ou da presença de petroplintita, formando uma camada coesa e contínua, principalmente se não estiver muito profunda, intensifica-se a limitação dos Plintossolos por susceptibilidade à erosão, já que a permeabilidade torna-se extremamente prejudicada.

A Unidade "PVA 11" ocupa uma área de 81,15 km² (15,44% da área total) que se estende na porção nordeste da Bacia hidrográfica do Rio Verde e, assim como a Unidade "PVA 8", também distribui-se sobre os terrenos pré-devonianos da Serra da Mantiqueira e é constituída de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto, A, moderado, textura arenosa/média, ou arenosa/argilosa, ou média/argilosa ou média/média, álico.

Conforme GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184-185) os Argissolos caracterizam-se pelo horizonte B textural (Bt), o qual é marcado por acumulação de argila, por iluviação, translocação lateral interna ou formação no próprio horizonte. Em geral, apresentam diferenças significativas no teor de argila entre os horizontes A e B (relação textural mais elevada do que a dos Latossolos), passando de um horizonte superficial mais arenoso, para um horizonte sub-superficial mais argiloso. Tal fato pode representar um obstáculo à infiltração de água ao longo do perfil, diminuindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial e sub-superficial na zona de contato entre os diferentes materiais.

Sendo assim, ainda conforme GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184-185), os Argissolos, apesar das suas características de agregação e boa estruturação (horizonte Bt em blocos angulares ou sub-angulares), apresentam certa susceptibilidade aos processos erosivos, que serão tão mais intensos quanto maiores forem as descontinuidades texturais estruturais ao longo do perfil. Conseqüentemente, segundo RIBE (1994) (vide TABELA VII), os Argissolos estão classificados em "fragilidade média" (Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa), "fragilidade alta" (Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa) e "fragilidade muito

alta" (Argissolo Vermelho, o qual, não está contemplado na unidade PVA 11).

Uso e ocupação da terra

O mapa de Uso e Ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (fig. 12) foi produzido a partir da compilação do trabalho de QUARTAROLI *et. al.* (2006) - Mapa de Uso e cobertura das terras para o ano de 2003 (1:250.000) - o qual, foi obtido no site da Empresa Monitoramento por Satélite⁵ em formato PDF, salvo em formato TIFF e inserido no software Arc Map 9.1, onde foi geo-referenciado e, posteriormente, digitalizadas todas as respectivas áreas de uso e ocupação da terra contidas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

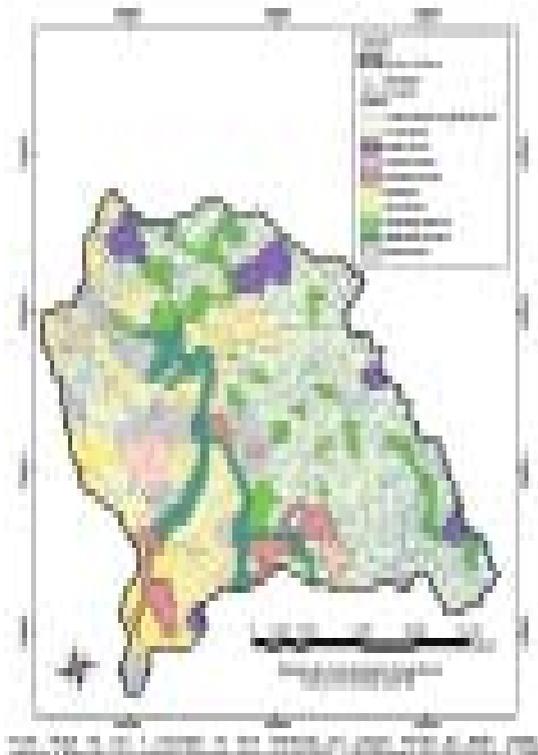


Fig. 12 - Mapa de Uso e Ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

A TABELA VIII revela que as pastagens apresentam a maior área ocupada (40,15%) e, no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, as mesmas estão diretamente relacionadas às áreas da Serra da Mantiqueira em função do desmatamento que lá ocorreu para introdução do café que, atualmente, por conta das crises que enfrentou na década de 1930, teve suas áreas de plantio reduzidas.

Em seguida, temos as culturas anuais irrigadas por pivô relacionadas, principalmente, aos cultivos de batata e cebola nas áreas dos terrenos

TABELA VIII - Uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Classes	Área (km ²)	Porcentagem(%)
Vegetação Natural	53,1	10,10
Pastagem	211,15	40,15
Lagoa	0,7	0,13
Cafeicultura	20,68	3,93
Área Urbana	13,5	2,57
Silvicultura	27,15	5,16
Culturas anuais	24	4,56
Fruticultura	24,5	4,66
Vegetação Ripária	31,9	6,07
Culturas anuais irrigadas por pivô	84,25	16,02
Canavieira	35,01	6,66
Total	525,30	100

sedimentares, com 84,25 km² (16,02%) da área total, o que, constitui um importante elemento de análise na avaliação do estado de criticidade hídrica por que passa a Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

A vegetação natural ocupa 53,1 km² (10,10%), preferencialmente sendo preservadas nas áreas da Serra da Mantiqueira em função das maiores altitudes e declividades que ali ocorrem.

A canavieira ocupa 35,01 km² (6,66%) e se difunde pelos terrenos sedimentares de menor declividade, ou seja, onde há condições de seu manejo mecanizado.

A vegetação ripária ocupa 31,9 km² (6,07%) ao longo, principalmente, dos canais de 3^a, 4^a e 5^a (canal principal) ordens.

Além do que, ressalta-se a quase que ausência de vegetação ripária, ou mesmo, vegetação natural junto a maior parte dos canais de primeira ordem.

Por fim, a silvicultura ocupa 27,15 km² (5,16%), a fruticultura 24,5 km² (4,66%), as culturas anuais (principalmente cebola, batata e arroz) ocupam 24 km² (4,56%), a cafeicultura ocupa 20,68 km² (3,93%) e as áreas urbanas representam 13,5 km² (2,57%).

Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Na análise aqui proposta, procuramos concatenar tanto os aspectos ligados às dinâmicas naturais e, por isso, ditos relacionados à vulnerabilidade e/ou susceptibilidade do meio, como os aspectos ligados às dinâmicas sócio-econômicas, ou seja, confirmando o conceito de "fragilidade ambiental" enquanto análise integrada do ambiente sob seus diferentes componentes: naturais e antrópicos.

O mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) foi construído a partir da integração dos mapas temáticos de solo,

⁵ Empresa Monitoramento por Satélite - www.crpm.enbrapa.br - Consultado em 07 de janeiro de 2008.

hierarquia fluvial, uso e ocupação da terra, clinográfico e de compartimentação hipsométrica, os quais, foram trabalhados em ambiente SIG (Arc Map 9.1) seguindo os processos abaixo representados:

1º- As tabelas de atributos de cada mapa supracitado foram formatadas e seguindo os valores apresentados no TABELA IX, sendo assim, cada ID (identificador) (fig. 13) das respectivas classes mapeadas receberem um peso que variou de 1 a 4 conforme os dados contidos nas TABELAS IV, V, VI, VII e VIII que indicam, respectivamente, tipos de usos indicados para os diversos intervalos de classe de declive, fragilidade das classes de declive, fragilidade dos tipos de solos e graus de proteção dos tipos de cobertura vegetal, além do que, da análise morfométrica e de sua implicação na determinação dos processos de morfogênese e pedogênese:

2º- Por meio da função *Spatial Analyst* os mapas temáticos (polígonos e linhas) foram convertidos em imagens TIFF conforme figura 13. As imagens foram geradas com tamanhos de *pixel* de 15.129 m², assim, evitando a deformação das informações (*pixels*) e garantindo a relação de informações com o mínimo de distorção/generalização.

3º- Por fim, utilizamos a função *Raster Calculator* para construirmos o algoritmo de geração do mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

O algoritmo utilizado (fig. 14) foi construído da seguinte maneira:

$$\text{Fragilidade} = \{ \text{Hf} + \text{Hippo} + [3 \times \text{Dec}] + [3 \times \text{Uso}] + [2 \times \text{Ped}] \} / 10$$

Onde:

- Hf - Hierarquia Fluvial;
- Hippo - Compartimentação Hipsométrica;
- Dec - Declividade;
- Uso - Uso e ocupação da terra;
- Ped - Solos.

TABELA IX - Pesos segundo classes mapeadas para confecção do mapa síntese de fragilidade ambiental

Mapa	Classes	Pesos - ID
Clinográfico	Declividades	3
Uso e ocupação da terra	Uso e ocupação	Culturas anuais irrigadas por pivô - 4; Canavieicultura - 4; Culturas anuais - 4; Área Urbana - 4; Pastagens - 3; Vegetação natural e ripária - 1 Fruticultura - 3 Silvicultura - 3
Compartimentação Hipsométrica	Cotas altimétricas	1
Hierarquia Fluvial	Ordens	1º ordem - 2 De 2ª a 5ª ordem - 1
Esboço Pedológico	Solos	Argissolos - 2 Latossolos - 1



Fig. 13 - Formatação das tabelas de atributos dos mapas temáticos em ambiente SIG (Arc Map 9.1).



Fig. 14- Geração de algoritmo para cruzamento de dados e geração do mapa síntese (Arc Map 9.1).

Os elementos explicitados no algoritmo acima foram escolhidos por estarem diretamente associados aos processos morfogenéticos, bem como, correspondendo aos conceitos de "fragilidade ambiental potencial" (elementos da dinâmica natural) e "fragilidade ambiental emergente" (elementos da dinâmica natural em interação com os elementos da dinâmica sócio-econômica).

Como explicado anteriormente, na equação acima, foi dado peso "3" para os valores de declividade e de uso e ocupação da terra, peso "2" para os valores de solo e peso "1" para os valores da compartimentação hipsométrica e hierarquia fluvial.

Em seguida, os valores gerados para cada *pixel* da imagem do mapa de fragilidade ambiental (fig. 15), conforme algoritmo supracitado, foram divididos em 5 classes, a saber "muito baixa fragilidade"; "baixa fragilidade", "média fragilidade", "alta fragilidade" e "muito alta fragilidade".

Os valores em área e porcentagem referentes às classes de fragilidade ambiental estão representados na TABELA IX e na figura 16, onde, observa-se que 221,32 km² (42,13%) da área da Bacia Hidrográfica

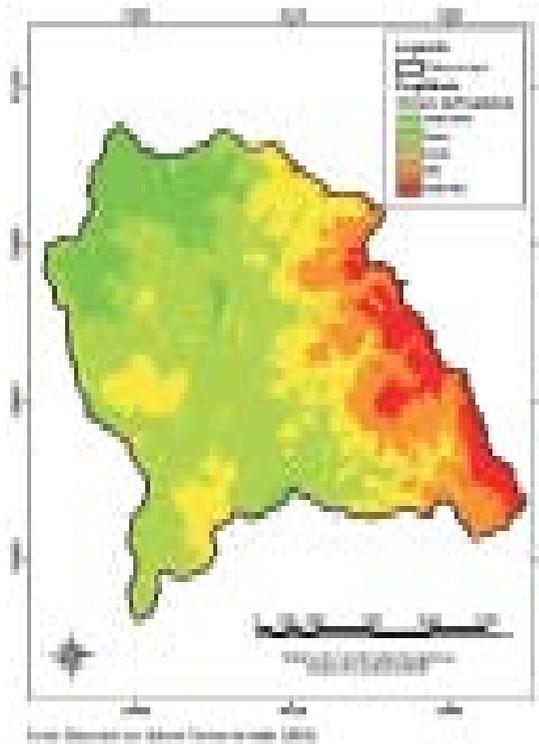


Fig. 15 - Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

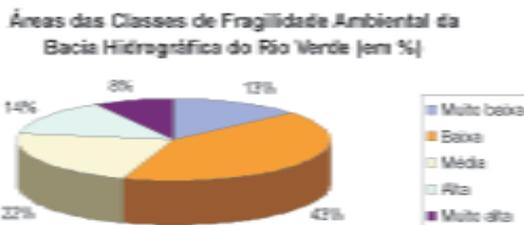


Fig. 16 - Áreas das Classes de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (em %)

do Rio Verde estão classificados como de "baixa fragilidade ambiental". Tais áreas estão localizadas sobre os terrenos sedimentares da Depressão Periférica caracterizados pelas baixas declividades, presença de Latossolos, menores cotas altimétricas e menor presença de canais de primeira ordem.

Temos que 116,47 km² (22,17%) estão classificados como sendo de "média fragilidade ambiental" em função de serem áreas caracterizadas pela transição entre os terrenos sedimentares e os terrenos cristalinos e/ou nas intrusões de diabásicos nos terrenos sedimentares, onde também se dá a presença de Argissolos. Além disso, também ocorre a presença de áreas urbanas e de culturas perenes irrigadas por pivô.

Uma área de, aproximadamente, 74,34 km² (14,15%) está classificada como sendo de "alta fragilidade ambiental", a qual, localiza-se na Serra da Mantiqueira.

Nas proximidades da região onde o Rio Verde deságua no Rio Pardo temos uma área de 69,5 km² classificada como de "muito baixa fragilidade", pois, temos aí os menores valores altimétricos e de declividades, Latossolos e uma considerável área de vegetação natural preservada.

Por fim, temos nos topos da Serra da Mantiqueira 43,67 km² (8,31%) classificados como sendo de "muito alta fragilidade".

Sendo assim, percebemos que a partir dos parâmetros analisados o condicionamento das características morfométricas do relevo são preponderantes no que diz respeito aos processos morfogenéticos diretamente relacionados à vulnerabilidade ambiental e/ou fragilidade potencial, as quais, em conjunto com as formas de uso configuram os cinco níveis de fragilidade emergente apresentados na Tabela IX.

Para melhor analisarmos os dados da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde procedemos a generalização e/ou aglutinação das classes de fragilidade como apresentado na figura 17, na qual, unimos as classes de muito baixa à baixa fragilidade em uma categoria e as classes de média a muito alta fragilidade em outra categoria.

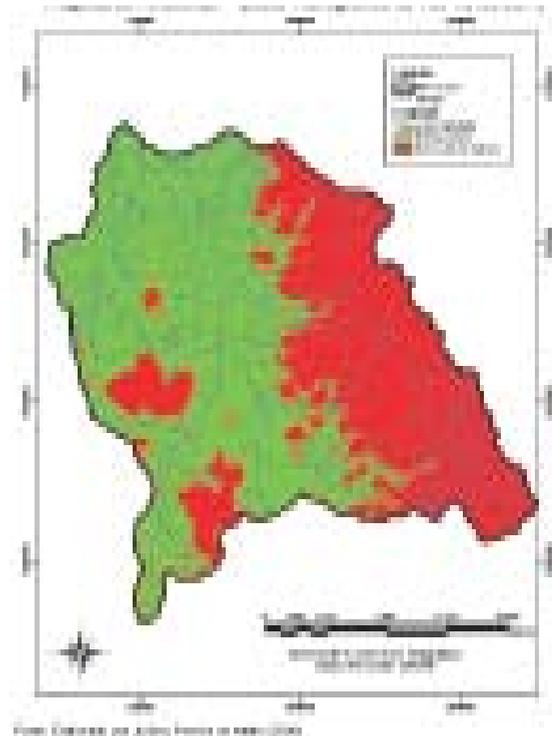


Fig. 17- Mapa de Generalização das Classes de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Temos que, os 44,63% da área representada pela categoria de média a muito alta fragilidade (representados em vermelho na figura 17) estão quase

que totalmente relacionados à Serra da Mantiqueira, onde, a forte dissecação, o alto gradiente altimétrico, o desmatamento em função da implantação dos pastos, a maior quantidade dos canais de primeira ordem e as declividades acentuadas intensificam os processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento dos canais que levam à diminuição da vazão dos rios, a qual, também é prejudicada por represamentos particulares irregulares que causam forte impacto na hidrologia dos canais.

As áreas de média a muito alta fragilidade ambiental nos terrenos sedimentares da Depressão Periférica Paulista estão associadas a cotas altimétricas mais elevadas diretamente relacionadas às intrusões de diabásio (sills e diques) e usos agrícolas ligados a culturas anuais irrigadas por pivô, canavieira e áreas urbanas – com destaque para a expansão do perímetro urbano do município de Casa Branca.

Sendo assim, a figura 17 ajuda-nos a distinguir melhor as áreas de maior susceptibilidade e fragilidade ambientais segundo os processos naturais e sócio-econômicos que nelas ocorrem, os quais estão diretamente associados à situação de criticidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Considerações finais

Mesmo a metodologia desenvolvida nesse trabalho apresentando algumas limitações em termos das escalas das informações e mapas concatenados, buscamos contribuir para projetos e programas de planejamento ambiental, enquanto o pensar contínuo e integrado nas ações de intervenção (gestão), mais especificamente abordando os usos da água dentro de uma concepção sistêmica de bacia hidrográfica e de arranjo geográfico sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos, sociais e econômicos.

O conceito de fragilidade ambiental procura relacionar homem e natureza sem direcionar a análise aos estudos sociais ou aos estudos naturais, além do que, está ligado à susceptibilidade de algo sofrer intervenções, ou de ser alterado. Então, a fragilidade do meio ambiente está ligada a fatores de desequilíbrio, tanto de ordem natural (alto grau de declividade, alto grau de erodibilidade, variações climáticas) quanto social (uso indevido do solo, intervenções em regimes fluviais, técnicas de cultivo).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Verde a fragilidade ambiental está fortemente relacionada às características naturais (solo, declividade, drenagem, altimetria e geologia) e histórico-sócio-econômicas da área da Serra da Mantiqueira, onde, a

morfogênese sobrepõe-se à pedogênese e é potencializada pelas práticas de uso e ocupação das terras.

Já com relação às áreas da Depressão Periférica Paulista há que se atentar para a diversidade dos tipos de uso e ocupação agrícolas das terras enquanto potencializadores de processos de degradação ambiental em função das práticas de irrigação, manejo inadequado do solo e uso de agroquímicos em geral.

Referências bibliográficas

- AREI, Adilson A. de (1972) – *Estruturação de paisagens geográficas no médio vale do Jaguarí-Mirim*. Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo.
- AL-ARABI, R.A.N., FEHR, I.D.L., BERN, S.M.J. (2003) – "Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, Remote sensing and DRASTIC". *Applied Geography*, 23, p. 303-324.
- BEHR, B. K.; FEHR, C. A. G. (1997) – *Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia*. Legal. Brasília, MMSAE.
- BERINI, J.; LOMARDI NEIO, F.; BENETTI JR, R. (1975) – *Equação de perdas de solo*. Instituto Agronômico, Campinas, SP.
- BERINI, J. & LOMARDI NEIO, F. (1985) – *Conservação do Solo*. Piracicaba, CERES.
- BERINI & LOMARDI NEIO, F. (1990) – *Conservação do Solo*. 3 ed. São Paulo, Icone.
- BREHD, Gerardo M. & SILVA, Antônio S. (2004) – "Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental". In VITE, Antônio Carlos & GERRA, A. J. T. (organizadores). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro, Ed. BertrandBrasil, p. 153 – 191.
- BREY, N. C. (1989) – *Natureza e propriedades dos solos*. Trad. Antonio B. Neiva Figueiredo. 7ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos.
- CANO, W.; BRANDÃO, Carlos A.; MACIEL, Cláudio S.; MACHO, Fernando C. (2007) – *Economia Paulista: dinâmica socioeconômica entre 1980 e 2005*. Campinas, SP, Editora Alínea.
- CHRISTOFLETTI, Antônio (1980) – *Geomorfologia*. São Paulo, Edgard Blucher.
- CHRISTOFLETTI, Antônio (1999) – *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo, Edgard Blucher.
- CONSELHO da bacia do Pardo (2003) – *Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Pardo – UGRH 4: Relatório Final*. São Paulo. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). São Paulo, IMESP (Imprensa Oficial do Estado de São Paulo).

- CREPALI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DURIE, V.; BARROSA, C. C. F. (1998) – *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico*. Relatório INPE, São José dos Campos (SP).
- CUNHA, Cenira M. L. da. (1997) – *Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Rio Claro.
- CUNHA, S. B. da, GERRA, A. J. T. (1996) – “Degradação Ambiental”. In GERRA, Antônio T. & CUNHA, Sandra B. da (organizadores). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- Deliberação CBH-PARDO 004/04*. Declara crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde. Ribeirão Preto, 25 de junho de 2004.
- DIXON, B. (2005) – “Groundwater vulnerability mapping: A GIS and fuzzy rule based integrated tool”. *Applied Geography*, 25, p.327-347.
- ELIAS, D. (2003) – *Globalização e Agricultura: A região de Ribeirão Preto/SP*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1999) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, EMBRAPA.
- FEEMA (1991) – *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Petrópolis, Serviço de Comunicação Social.
- FRAISLI, Camila (2005) – *Valorização do Espaço e fragilidade ambiental: o caso da construção do meio ambiente urbano da Bacia do Córrego Santo Antônio, Mogi Mirim (SP)*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas.
- GAZETA DE VARGEM GRANDE DO SUL (27/07/1994).
- GERRA, A. J. T. & BOEHO, R. G. M. (2001) – “Erosão dos Solos”. In CUNHA, S. B. da & GERRA, A. J. T. (organizadores), *Geomorfologia do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- GLASER, G. (1983) – “Unstable and vulnerable ecosystems: A comment based on mob research in island ecosystems”. *Mountain Research and Development*, Vol. 3, nº 2, p.121-123.
- Longman Dictionary of Geography: Human and Physical*. Longman House, UK, 1985.
- MELLO, Juliano Pereira de (2003) – *Utilização de técnicas morfométricas no estudo de voçorocamento: O caso da voçoroca da Bacia do Ribeirão Santo Antônio, Município de Mogi Mirim (SP)*. Monografia. Campinas (SP), Instituto de Geociências, UNICAMP.
- MENK, João Carlos (2001) – “A inserção da variável ambiental nos usos dos recursos hídricos”. *A gestão das águas*, Ano 1, nº 2, julho/2001. Associação Brasileira da Batata.
- MENDONÇA, Izaque Francisco Candeia de (2005) – *Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do riacho Una, Sapé-PB*. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, SP.
- MINEIRO, C. A. F. (2001) – *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo, Contexto.
- NEWBY, Z. (1994) – *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer-Verlag, New York.
- NEWSON, M. (1997) – *Land, Water and development: sustainable management of river basin systems*. New York, Routledge.
- NILSON, C. & GELSON G. (1995) – “The Fragility of ecosystems: a review”. *Journal of Applied Ecology*, 32, p 677-692.
- NUCCI, J. C. & CAVALHEIRO, F. (1997) – “Adensamento Urbano e Qualidade Ambiental”. *VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física*, CD-ROOM, Curitiba.
- NUNES, J.E.V.; SCHIND, N. M. B. Amaral; PAMIERI, F.; MESQUITA, A. A. (1999) – “Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23, 981-990.
- PERRA, L. Charlet (2002) – *Atividade Agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas (SP).
- PROJETO SAPUCAÍ. (1979) – *Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais: Relatório final de Geologia*. DNPM/CPRM, Superintendência Regional de São Paulo.
- QUERQUELI, Carlos F.; MIRANDA, Evaristo E. de; VALLADRES, Gustavo S.; HOTT, Marcos C.; CRISLILLO, Cristina; GUIMARÃES, Marcelo (2006) – *Uso e Cobertura das Terras na Região Nordeste do Estado de São Paulo*. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite.
- RABELO, J. F. G. P.; SCHIND, N. M. B. Amaral; VEIGAS, A. C. X. (1999) – “Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23, 971-979.
- ROSS, Jurandyr L.S. (1990) – *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo, Contexto (Série Repensando a Geografia).
- ROSS, Jurandyr L. S (1994) – “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados”. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, nº 8, p.63-74.
- ROSS, Jurandyr L. S. (1996) – “Geomorfologia Aplicada aos EIAS e RIMAS”. In: GERRA, Antonio T. & CUNHA, Sandra B. da (organizadores), *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 291-336.

- ROSS, J. L. S. & DEL PRETTE, MARCOS E. (1988) – "Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental". *Revista do Departamento de Geografia*, n. 12, USP, p.88-121.
- SANICOS, I. (1997) – *Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba*. Monografia de conclusão de curso de Geografia. Universidade Federal do Paraná.
- SANICOS, I. dos & VITTE, A. C. (1998) – "Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba". *I Fórum de Geo-Bio-Hidrologia*, Curitiba, Anais, p.123-135.
- SIGRH (1999) – *Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo: "Relatório Zero"*.
- SILVA, João dos Santos Vila da (2003) – *Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental; estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT*. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas.
- SOIGHVA, V.B. (1977) – "O Estudo de Geossistemas". *Revista IG-USP, Série Métodos em Questão*, SP, n° 16.
- SOLZA, George Taylor; BRIGALLI, Luiza Leonardi; MREID, Marcelo Almeida; LIMA, Silma; CHINE, Sueli (2002) – "Água: Geopolítica Internacional e Propostas para um Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas". *Geografemas*, Vitória, n° 3, p.69-77.
- SPIRIDOV, A. I. (1981) – *Principios de la Metodología de las Investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico*. Habana, Universidad de la Habana, Facultad de Geografía.
- SÖRL, C. & ROSS, J.L.S. (2004) – "Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos". *Geosp - Espaço e Tempo*, São Paulo, n°15, p.39-49.
- TAVRES, A. C., VITTE, A. C. (1993) – "Erosão dos solos e assoreamento de represas: o caso de Monte Aprasível (SP)". *Geografia*, 18 (1), p.51-95.
- THOMAS, D.S.G. & ALLISON, R. J. (1993) – *Landscape Sensitivity*. Chichester. John Wiley & Sons.
- TRICART, J. (1977) – *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN.
- VITTE, A. C. (1997) – "Metodologia para Cálculo de Perdas de Solo em Bacias de Drenagem". *Bol. Par. de Geociências*, n° 45. Ed. da UFPR, p. 59-65.
- VITTE, A. C. & SANICOS, I. dos (1999) – "Proposta Metodológica para Determinação de Unidades de Conservação a partir do Conceito de Fragilidade Ambiental". *Revista Paranaense de Geografia*, n° 4, p. 60-69.

Sites consultados:

- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATELITE. Disponível em: www.cnpm.embrapa.br – Consultado em 07 de janeiro de 2008.
- FUNDAÇÃO SEADE – Informações demográficas. Disponível em: www.seade.gov.br. Consultado em 7 de julho de 2005.
- IBGE – Informações demográficas. Disponível em: www.ibge.gov.br. Consultado em 8 de julho de 2005.
- GWP/TAC – Parceria Global para Água. Disponível em <<http://www.genderandwateralliance.org/portuguese/faqs.asp>>. Consultado em 3 de abril de 2005.
- TORNATORE, Nicola (2004). "Rio da bacia do Pardo pode desaparecer". Consema. Disponível em: <www.uniagua.org.br>. Consultado em 03 de abril de 2005.