

Evolução do Uso da Terra como Base para um Índice de Degradação de uma Bacia Hidrográfica

Fernando Nadal Junqueira Villela, Universidade de São Paulo, geovillela@usp.br
Jurandyr Luciano Sanches Ross, Universidade de São Paulo, juraross@usp.br

Abstract: This paper presents the results of a land use mapping for a small hydrographic basin in northeastern São Paulo state. It consists of a survey of the basin's occupation conditions in the years 1962, 1992 and 2003, making use of information contained in topographic charts and aerial photographs. Based on these results, lots were combined as defined by potential fragility classes, thus resulting in a degradation index in the 1962 to 1992 period equivalent to 1.22, and equivalent to 0.98 for the 1992 to 2003 period. The conclusion is that the degradation index shows a 24% reduction from 1992 to 2003 (index from 4.01 to 3.77) compared to the verified index from 1962-1992 period (from 2.79 to 4.01).

Key words: land use, hydrographic basin, potential fragility, degradation index

Resumo: Este estudo apresenta os resultados de mapeamento do uso da terra de uma pequena bacia hidrográfica no nordeste paulista. Trata-se de um levantamento de suas condições de ocupação nos anos de 1962, 1992 e 2003, através do aproveitamento de informações contidas em cartas topográficas e fotografias aéreas. Com base nos resultados, combinaram-se as glebas definidas com classes de fragilidade potencial, resultando em índice de degradação no período de 1962 a 1992 equivalente a 1,22, e de 0,98 no período de 1992 a 2003. A conclusão é que o índice de degradação mostra uma redução de 24%, no período 1992-2003 (índice de 4,01 para 3,77), em relação ao índice verificado no período 1962-1992 (2,79 para 4,01).

Palavras-Chave: uso da terra, bacia hidrográfica, fragilidade potencial, índice de degradação

1. Introdução

Os arranjos espaciais e mosaicos da superfície produzidos pelo Homem, entendidos como os diversos usos do terreno, fornecem impressões visíveis do uso da terra, decodificando o interesse humano no espaço apropriado através de representação fornecida por mapeamento sistemático. Este trabalho busca demonstrar a evolução de tais usos em contraposição às fragilidades naturais de uma pequena bacia hidrográfica, através de fotointerpretação, controle de campo e cartografia digital.

2. Atividades e procedimentos

O uso da terra foi interpretado a partir dos anos escolhidos (1962, 1992 e 2003), conforme material disponível, com o objetivo de comparação entre estes, para quantificação dos usos por área em Km² para cada ano interpretado. Para 1962, foram usadas fotografias aéreas em preto e branco da empresa Terra Foto, em escala 1:25.000; para 1992 foram utilizadas as interpretações já contidas nas cartas topográficas referentes à área mapeada pelo IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico); e finalmente para 2003 foram usadas fotografias

aéreas coloridas da empresa BASE Aerofotogrametria, na escala 1:25.000. A base cartográfica foi vetorizada no software AutoCAD R14, a partir das folhas topográficas do IGC de 1992, em escala 1:10.000

Para delimitação das unidades, realizada no desktop mapping MapInfo, foram escolhidas as classificações utilizadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico nas cartas topográficas de 1992: fruticultura, eucalipto, cana, cultura anual, café, mata, cerrado e pasto. Algumas foram criadas ou suprimidas em 2003 e 1962: soja, milho, loteamento, propriedade rural e área urbana. Em vista da possibilidade de consulta em campo e entrevista aos moradores da área de estudo, a cultura anual foi dividida em milho e soja.

Através de glebas existentes nas folhas topográficas de 1992 do IGC e da fotointerpretação, foram definidas então as seguintes categorias de uso da terra: área urbana, loteamento, fruticultura, propriedade rural, eucalipto, cana de açúcar, soja, milho, cultura anual, café, mata, cerrado e áreas de pastagem. Estas foram fotointerpretadas de acordo com padrões de cor, textura, tonalidade, padrão e arranjo espacial propostas por VILLELA (2005). Como a divisão em milho e soja no uso da terra de 2003 representa apenas detalhamento do uso de cultura anual, as quantificações deste tipo de cultura foram juntadas para facilitar a comparação ano a ano.

Em seguida, foi escolhido um indicador numérico de fragilidade potencial para todas as categorias de uso. Esta classificação baseia-se nas proposições de ROSS (1994), na capacidade do meio reter o escoamento superficial, seja ele difuso ou concentrado, e no grau de interceptação das águas pluviais pela cobertura vegetal existente. Algumas categorias de uso da terra foram suprimidas por não serem expressivas em área, preferindo-se a seleção do uso por área amostral, adequando-se as glebas de uso às unidades de fragilidade combinadas.

| Uso da Terra | Fragilidade Potencial |
|---------------------|------------------------------|
| Mata | Muito Baixa (1) |
| Cerrado | Baixa (2) |
| Loteamento | Média (3) |
| Cultura Anual | Média (3) |
| Área Urbana | Média (3) |
| Café | Alta (4) |
| Pasto | Muito Alta (5) |

Quadro 1. Fragilidades potenciais de acordo com o uso da terra, conforme VILLELA (2005).

3. Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa situa-se no município de Cristais Paulista, nordeste do Estado de São Paulo. É sub-bacia de quarta ordem, afluente da margem esquerda do Ribeirão da Prata, desaguando neste via Córrego da Taquara. O Ribeirão da Mococa faz parte da bacia de drenagem do Rio Canoas, que faz a divisa do Estado de São Paulo com o Estado de Minas Gerais e pertence à bacia hidrográfica do Rio Sapucaí - Mirim/Rio Grande (SIGRH, 2002).

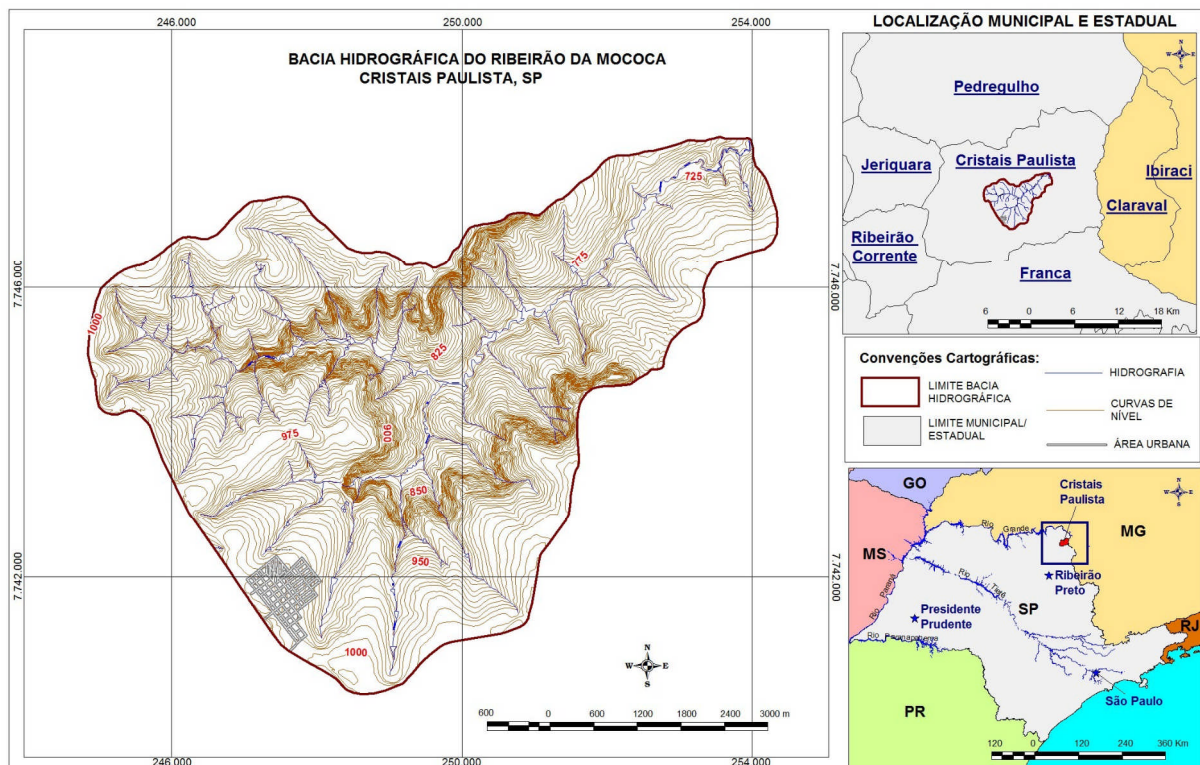


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa e suas localizações (*in* VILLELA, 2005).

A bacia integra área urbana consolidada do município e áreas parciais de seis fazendas, além de pequenas propriedades rurais, cujas utilizações do terreno variam desde cultivos de lavouras permanentes (principalmente o café), temporárias ou anuais (milho, soja) e hortifrutigranjeiras até pastagens e matas galerias nos setores de maior declividade. Sua ocupação é resultado da expansão cafeeira no Estado, que tomou conta da economia do interior, fase que durou até o declínio do café brasileiro na década de 1930.

Com amplitudes topográficas de 200 m, a área de estudo possui relevo variado, inserido na unidade morfoescultural dos Planaltos Residuais de Franca/Batatais (Ross & Moroz, 1997). Alterna formas arredondadas e suaves (IPT, 1981a), nas porções mais a

montante, para em seu curso médio sofrer rupturas topográficas de até 100 m de altitude, formando paredões (escarpas erosivas e festonadas) com cachoeiras e grotões. Segundo IPT (1981b), estes paredões são resultantes de intensos processos tectônicos que culminaram, no período Cretáceo, com o extravasamento de lavas basálticas da Formação Serra Geral.

A variação da topografia, marcada pela presença destas escarpas festonadas, configura à bacia hidrográfica várias formações geológicas sobrepostas (interdigitadas), que fazem parte das unidades da borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. IPT (2000) descreve quatro formações na área de estudos, no sentido de montante para jusante: arenitos conglomeráticos limonitizados, correlatos à Formação Itaqueri (Grupo Bauru), onde HELLMEISTER JR (1997) os individualizou como arenitos da Formação Franca; rochas intrusivas básicas, correlatas à Formação Serra Geral; arenitos avermelhados de estratificação cruzada da Formação Botucatu; e arenitos conglomeráticos da Formação Pirambóia, ambas as últimas pertencentes ao Grupo São Bento. Ainda existem na área de montante, junto à SP-334, depósitos de sedimentos continentais indiferenciados do Cenozóico.

As litologias basálticas e areníticas, aliadas ao clima tropical alternadamente seco e úmido, conferem aos solos da área de estudos desenvolvimento pedológico variado, variação determinada também em razão da altitude e da declividade. De forma geral, nos relevos menos rugosos, que correspondem às altitudes de 900 a 1000 m, tem-se associações de latossolos de textura arenosa/média a argilosa, de horizonte A moderado, distróficos e/ou eutróficos; já nos relevos de maior declividade, com altitudes entre 800 e 900 m, surgem solos rasos do tipo cambissolos e litólicos, de horizonte A moderado e eutróficos, possuindo textura argilosa correspondente a fase pedregosa (IPT, 2000).

Devido à altitude e à disposição predominante das vertentes (nordeste), a bacia situa-se inicialmente protegida das chuvas originadas dos sistemas frontais, embora ainda concentre o período chuvoso como na maior parte do Estado (de outubro a março) e o regime seja controlado por massas equatoriais e tropicais (MONTEIRO, 1973), com precipitações médias anuais de 1.500 a 1.600 mm. O período mais seco se distribui de junho a agosto, e a temperatura média anual se mantém em torno de 22°C (SANT'ANNA NETO, 1995, *in* IPT, *Op. Cit.*).

Tais características climáticas constituem fator importantíssimo na dinâmica vegetal, caracterizada por fragmentos remanescentes de cerrado, típico de formações de fisionomias savânicas (COUTINHO, 1978, *in* IPT, *Op. Cit.*). A utilização intensa da terra

para a agricultura também gerou uma série de fitofisionomias secundárias, como capoeiras, compostas principalmente por indivíduos lenhosos de segundo ciclo de crescimento a partir da floresta primária, e espécies espontâneas, que invadiram áreas desmatadas e possuem porte atual variável. Ainda conservadas, existem também matas (galerias ou ciliares), dominadas por árvores com alta densidade de indivíduos e copas fechadas nos estratos superiores, com ervas e arbustos nos estratos inferiores. Quanto à vegetação das várzeas, são de composição variável dependendo da proximidade com os rios, sendo comuns espécies leguminosas e palmeiras.

A ocupação nas áreas de cabeceira ocorre entre os interflúvios alongados das colinas, sempre em contato com as vias de ligação (estradas de terra) para a rodovia. Os cultivos de café (porção NNW) e soja (porção SSE) são dominantes, mas existem glebas de milho em menor proporção e também talhões de cana de açúcar. Atividades hortifrutigranjeiras ocorrem em setores isolados, geralmente ligados aos limites de propriedades rurais. O fator limitante da ocupação nas áreas colinosas é a borda da escarpa, que, preenchida por talhões de matas e cerrados, estabelece outros tipos de ocupação nas áreas rebaixadas. Nos patamares convexos destas, predomina o uso de culturas temporárias, notadamente o milho, havendo também glebas de café, soja e cana. Tais plantações localizam-se nas rampas de declividades médias, havendo interligação das vertentes opostas por estradas de terra que cortam as fazendas e alcançam as propriedades rurais.

Ao longo dos anos, a ocupação da bacia mudou sensivelmente, com momentos de aparente resistasia da vegetação em função das lavouras de café. Na década de 60, as plantações cafeeiras eram situadas à margem dos rebordos da cuesta arenítico-basáltica, visto que na época dependia-se da topografia rugosa e da “terra vermelha” (arenitos e basaltos intemperizados) para condições de plantio, já que a produção de adubos e corretivos químicos do solo não possuíam o desenvolvimento atual. No mapeamento mais antigo percebe-se que a monocultura acompanhava as declividades, enquanto que nos mapeamentos mais recentes a situação é inversa, pois as plantações localizam-se a partir dos limites do divisor da bacia.

4. Resultados

As condições de plantio na bacia do ribeirão da Mococa na década de 60 permitiam a entrada de veículos motorizados até a borda da escarpa, onde a topografia de maior rugosidade, que continha os solos mais antigos, favorecia o desenvolvimento dos pés

de café. Tendo o sítio urbano de Cristais Paulista localização no divisor de águas que acompanha rodovia estadual (Rod. Cândido Portinari), a abertura de estradas de terra no modelado colinoso, nos períodos áureos do café, era facilitada pela morfografia ampla e suave das vertentes nas áreas de cabeceira, favorecendo o alcance dos locais mais propícios à plantação.

Em 1962 praticamente 1/3 da bacia era coberto por lavouras cafeeiras de períodos de pousio diferentes, que configuram na carta de uso da terra grandes manchas em formas que acompanham a topografia mais movimentada, cercando as propriedades rurais existentes na época. Margeando os córregos de cabeceiras de drenagem que sulcam os interflúvios existia uma série de segmentos de matas ciliares, densas e alongadas no acompanhamento das drenagens, concentradas nos patamares que na época ainda não tinham sido ocupados ou desmatados. No restante dos quase 2/3 da bacia existiam as formações de cerrado, podendo ser campestres, em que se caracterizavam como campos limpos desocupados, e de aspectos savânicos, fechados, caracterizando mosaicos de campo sujo. Basicamente, tais formações eram constituídas de árvores de porte pequeno, baixas, e estrato herbáceo rasteiro, composto por arbustos e gramíneas. IPT (2000) assinala que, nos remanescentes atuais destas formações (vegetação de mata estacional semidecídua do interior paulista), sua biodiversidade acha-se intimamente associada ao relevo característico, constituído por furnas e cachoeiras, típico das cuestas basálticas onde se localiza. Ainda há espaço de áreas de pastagem, mais concentrados no compartimento das colinas, próximos aos divisores de água em razão da área ser o vetor de entrada na lavoura, e talhões de eucalipto de formas geométricas, delimitados de acordo com a expansão das plantações.

Em 1992 as glebas de café ocupam áreas contrárias àquelas mapeadas no uso de 1962, isto é, ocupam áreas de declividade suave próximas aos divisores de águas. As áreas próximas da escarpa ou possuem glebas menores de culturas temporárias, remanescentes de usos mais antigos, ou encontram-se em fases de transição na ordem pasto – cerrado – mata, ou estágios de resistasia da vegetação. As matas galerias ou de cerrado originais limitam-se às vertentes mais inclinadas e no acompanhamento das drenagens. As culturas temporárias chegam a ultrapassar em área as plantações de café e ocupam setores diferenciados da bacia: colinas, encostas íngremes dos patamares rebaixados e rebordos da escarpa. Talhões de eucalipto ainda existem, em menor proporção e assumindo ainda formas geométricas ligadas à ocupação. Quanto às pastagens, em 1962 estas ocupavam 13,6% da bacia hidrográfica, e em

1992 sua extensão salta para 58%, ocupando não só as áreas de cabeceira como a maioria das áreas rebaixadas.

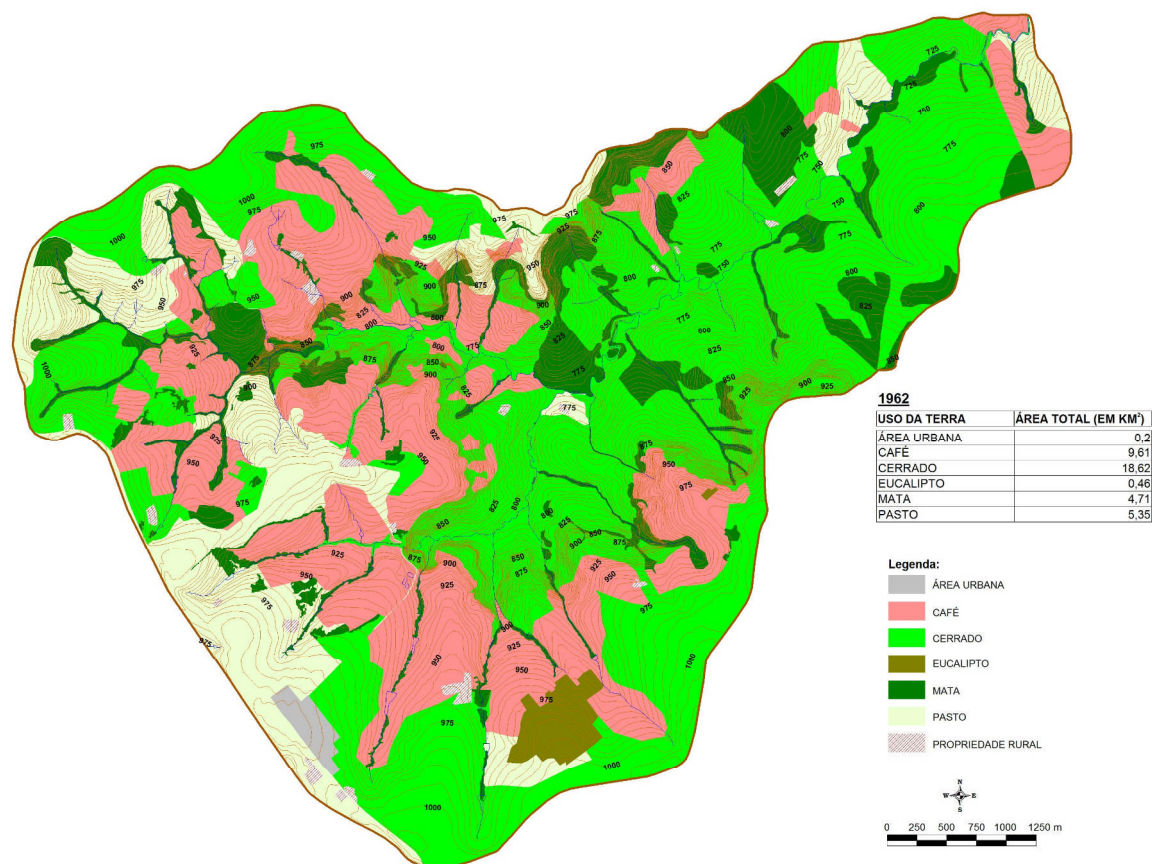


Figura 2. Uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa em 1962 (in VILLELA, 2005).

Já em 2003 a situação permaneceu, em linhas gerais, semelhante à de 1992, com o aumento de algumas áreas em detrimento de outras. O crescimento da área urbana nas suas direções laterais e frontais não impediu o surgimento de novas glebas de café e/ou de culturas temporárias ou anuais, que, embora diminuídas, tiveram distribuição reorganizada, afetando alguns talhões de mata e favorecendo a conservação de trechos de cerrado. É importante notar que o fundo de vale na porção norte da bacia conservou talhão de mata na mesma geometria de 1962, que se alastra das encostas retilíneas da escarpa até o trecho de ordem quatro do Ribeirão da Mococa, no vale fluvial.

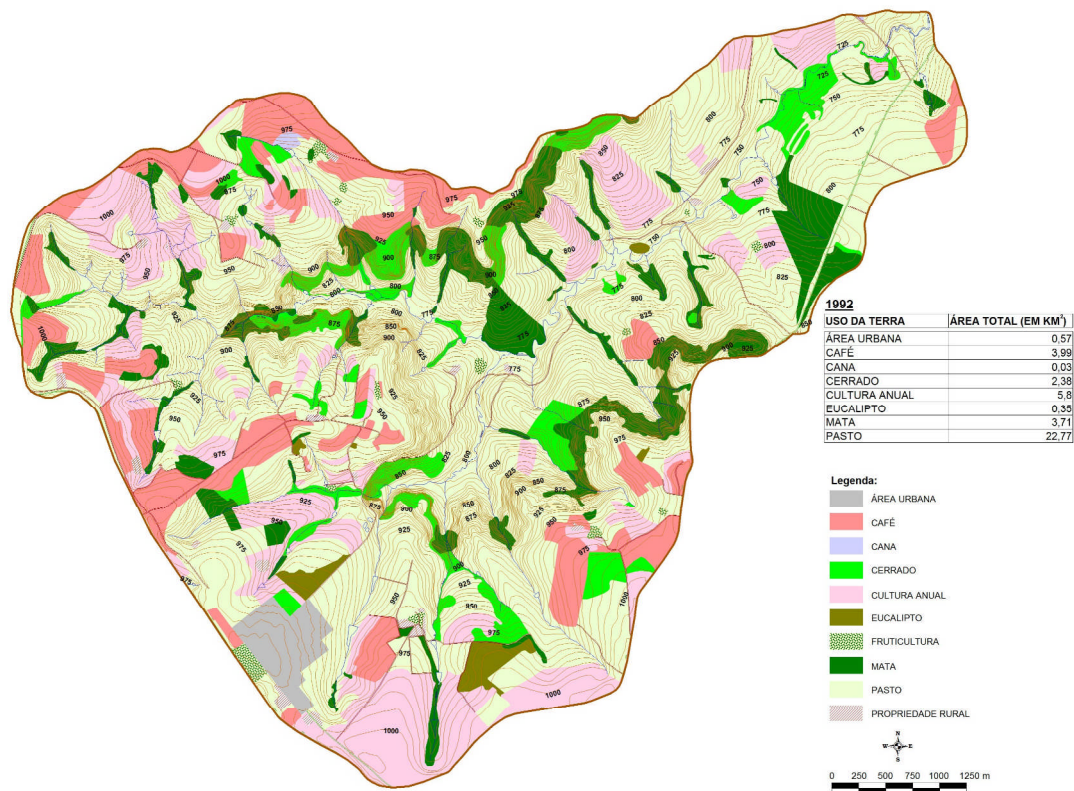


Figura 3. Uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa em 1992 (in VILLELA, 2005).

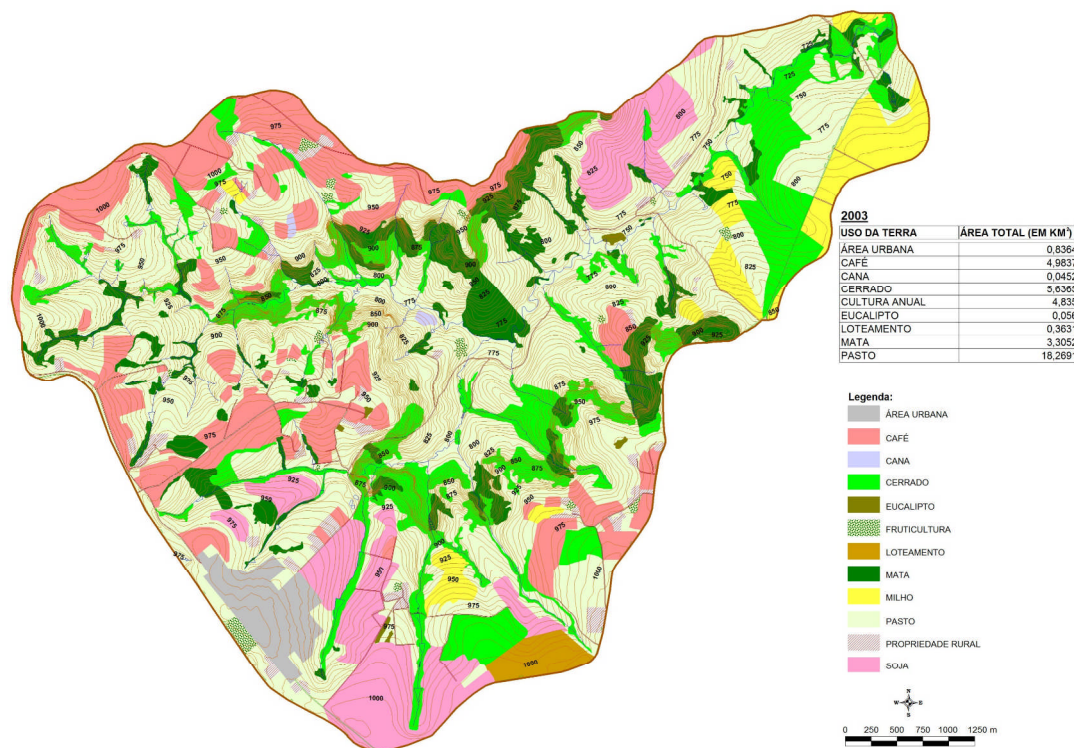


Figura 4. Uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa em 2003 (in VILLELA, 2005).

5. Conclusões

Havendo as quantificações em área das culturas em cada ano, é possível perceber quais usos da terra efetivamente aumentaram ou diminuíram na área de estudo, como se apresenta nos **Quadros 2 a 4**:

| Ano | Uso da Terra | Área (em Km ²) |
|------|---------------|----------------------------|
| 1962 | Área Urbana | 0,2 |
| | Café | 9,61 |
| | Cerrado | 18,62 |
| | Cultura Anual | - |
| | Mata | 4,71 |
| | Pasto | 5,35 |
| 1992 | Área Urbana | 0,57 |
| | Café | 3,99 |
| | Cerrado | 2,38 |
| | Cultura Anual | 5,8 |
| | Mata | 3,71 |
| | Pasto | 22,77 |
| 2003 | Área Urbana | 0,83 |
| | Café | 4,98 |
| | Cerrado | 5,63 |
| | Cultura Anual | 4,83 |
| | Mata | 3,3 |
| | Pasto | 18,26 |

Quadro 2. Principais usos da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, por ano e área respectiva, conforme VILLELA (2005).

| Uso da Terra | Evolução (em %) |
|---------------|-----------------|
| Área Urbana | + 0,95 |
| Café | - 14,33 |
| Cerrado | - 41,48 |
| Cultura Anual | + 14,79 |
| Mata | - 2,54 |
| Pasto | + 44,43 |

Quadro 3. Evolução dos principais usos da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, de 1962 a 1992. O sinal positivo ou negativo refere-se ao ganho ou perda de terreno na área total da bacia. (*in* VILLELA, 2005).

| Uso da Terra | Evolução (em %) |
|---------------|-----------------|
| Área Urbana | + 0,66 |
| Café | + 2,53 |
| Cerrado | + 8,35 |
| Cultura Anual | -2,48 |
| Mata | -1,05 |
| Pasto | - 11,51 |

Quadro 4. Evolução dos principais usos da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, de 1992 a 2003. O sinal positivo ou negativo refere-se ao ganho ou perda de terreno na área total da bacia (*in* VILLELA, 2005).

No **Quadro 3** percebe-se que as áreas de cerrado foram as mais alteradas no período de 30 anos inicial, com perda de mais de 40%, principalmente para as áreas de pastagem e culturas anuais. Contudo, pelo **Quadro 4** nota-se pequeno aumento, em pouco mais de 8%, de sua abrangência, em detrimento igualmente das áreas de pastagem e culturas anuais; tal “recuperação” deve-se à abertura de talhões de mata nos patamares rebaixados e abertura de matas que acompanham as drenagens. As áreas de mata remanescentes registraram pequena queda em sua extensão, mas deve-se lembrar que aqui não se diferenciam estas em matas galerias e ciliares, o que registraria mudanças muito maiores. A cultura cafeeira sofreu queda sensível desde 1962, mas cresceu em relação ao ano de 1992; o único crescimento ininterrupto é registrado pela área urbana, embora este seja pouco significativo. A área de pastagem teve crescimento vertiginoso em relação a 1962, mas vem decaindo consideravelmente nestas duas últimas décadas (mais de 10%).

Para obter-se uma idéia evolutiva da fragilidade existente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, há a possibilidade de realizar-se uma relação numérica dentre as principais categorias de uso da terra. Multiplicando-se a área dos diferentes usos pela classe de fragilidade potencial correspondente, torna-se evidente tal relação que, diferenciada através dos anos, indica um índice de degradação para os anos considerados.

| Uso da Terra | Área em Km ² (A) | Classe de Fragilidade Potencial (F) | Área x Classe de Fragilidade (AxF) | $\Sigma (AxF)/\Sigma A$ |
|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Área Urbana | 0,2 | 3 | 0,6 | 2,79 (1962) |
| Café | 9,61 | 4 | 38,44 | |
| Cerrado | 18,62 | 2 | 37,24 | |
| Cultura Anual | - | 3 | - | |
| Mata | 4,71 | 1 | 4,71 | |
| Pasto | 5,35 | 5 | 26,75 | |
| Área Urbana | 0,57 | 3 | 1,71 | 4,01 (1992) |
| Café | 3,99 | 4 | 15,96 | |
| Cerrado | 2,38 | 2 | 4,76 | |
| Cultura Anual | 5,8 | 3 | 17,4 | |
| Mata | 3,71 | 1 | 3,71 | |
| Pasto | 22,77 | 5 | 113,85 | |
| Área Urbana | 0,83 | 3 | 2,49 | 3,77 (2003) |
| Café | 4,98 | 4 | 19,92 | |
| Cerrado | 5,63 | 2 | 11,26 | |
| Cultura Anual | 4,83 | 3 | 14,49 | |
| Mata | 3,3 | 1 | 3,3 | |
| Pasto | 18,26 | 5 | 91,3 | |

Quadro 5. Relação numérica para determinar índice de degradação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, conforme VILLELA (2005).

Pelo **Quadro 5** verifica-se que no período total (1962 a 2003) o índice de degradação calculado mostra um crescimento de 98%. Se considerarmos a evolução em dois períodos, 1961 a 1992 e 1992 a 2003, há um aumento de 122% no primeiro e um decréscimo de 24% no segundo, mostrando uma tendência decrescente no índice de degradação nos últimos 11 anos amostrados. Tal resultado parece ser consequência da menor taxa de desmatamento e do abandono da cultura cafeeira, com a substituição por outros usos agrícolas do solo, pouco influenciando o desenvolvimento urbano do município.

6. Bibliografia

HELLMEISTER JR, Z. (1997) Aspectos geológicos e principais recursos minerais da região de Franca-Pedregulho, nordeste do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGc-USP, São Paulo, 162p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981a) Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Publicação IPT, São Paulo, 5 (1183).

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981b) Mapa geológico do Estado de São Paulo. Publicação IPT, São Paulo, 6 (1184).

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2000) Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande. IPT/CBH-SMG, minuta relatório 40672, 138p.

MONTEIRO, C. A. F. (1973) A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: Estudo Geográfico Sob Forma de Atlas. IGEOG-USP. São Paulo, 130p.

ROSS, J. L. S. (1994) Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, 8 (1): 63 – 74.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. (1997) Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. DG-FFLCH-USP/IPT/Fapesp, 2v.

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Disponível na Internet. <http://www.sigrh.sp.gov.br>. Acesso em 2002.

VILLELA, F. N. J. (2005) Fragilidade Potencial do Relevo: Estudo Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, Cristais Paulista, SP. Dissertação de Mestrado, FFLCH-USP, São Paulo, 182p.