

# **ANÁLISE DO USO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E ÁREAS DE ALTA VULNERABILIDADE DE AQÜÍFEROS: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço**

*Sandra Benfica dos Santos<sup>1</sup>; Roberto Alves de Almeida<sup>2</sup> & Francisco Antonio Dupas<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- A ocupação do solo no Brasil ocorre tradicionalmente de maneira desordenada, desconsiderando suas implicações na qualidade e quantidade dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho é analisar o uso do solo nas áreas de preservação permanente e áreas de alta vulnerabilidade da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, situada sobre as principais áreas de recarga dos aquíferos de São Lourenço, estância hidromineral localizada no sul de Minas Gerais. Foram utilizadas imagens de satélite, carta topográfica, mapa de vulnerabilidade da bacia e levantamento de campo. Os dados foram manipulados em programas computacionais de processamento e tratamento de informações geográficas. Como resultado foi composto um acervo de mapas temáticos, como de uso do solo, declividade, áreas de preservação permanente e uso conflitante do solo. A bacia em estudo encontra-se bastante alterada pela ação antrópica, ficando claro o não cumprimento da legislação ambiental e a necessidade de recomposição com vegetação nativa das áreas degradadas ou de alta vulnerabilidade. Assim, este trabalho fornece um banco de dados para futuro planejamento e gerenciamento de uso e ocupação do solo, bem como divulga a existência de ferramentas de suporte à tomada de decisão.

**ABSTRACT** --- The land use in Brazil traditionally happens in a disordered way, disrespecting the implications in quality and quantity of the natural resources. The objective of this work is to analyze the land use in the areas of permanent preservation and areas of high vulnerability of the São Lourenço Stream hydrographic basin, placed on main reloading areas of São Lourenço's aquifers, hydromineral city located in south of Minas Gerais State. Satellite images, topographical letter, map of basin vulnerability and field researches were used. All data were organized through computer programs for processing and treatment of geographical information. The result being a collection of thematic maps from land use, slope, areas of permanent preservation and conflicting land use. The report shows that the basin in study is quite damaged by human action, showing clearly the non execution of environmental legislation as well as the need to restore the degraded or of high vulnerability areas with native vegetation. The present work provides a database for future planning and managing of use and occupation of the soil and also discloses the existence of support tools for decision making.

**Palavras-chave:** Uso e ocupação do solo, áreas de preservação permanente, vulnerabilidade de aquíferos.

1) Mestranda do Curso de Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá. Av. BPS 1303, Pinheirinho, 37500-903 – Itajubá-MG. sandra.benicadossantos@gmail.com

2) Professor da Universidade Federal de Itajubá/IEE-GEE. Av. BPS 1303, Pinheirinho, 37500-903 – Itajubá-MG. roberto4772@gmail.com

3) Professor da Universidade Federal de Itajubá/IRN-NEPA. Av. BPS 1303, Pinheirinho, 37500-903 – Itajubá-MG. dupas@unifei.edu.br

## 1- INTRODUÇÃO

Segundo Barbosa (2006), a ocupação do solo no Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, devido à falsa idéia de que estes eram inesgotáveis. Isto estimulou o chamado “desenvolvimento” desordenado, sem compromisso com o futuro. No caso específico das águas subterrâneas, essa ocupação desordenada tem efeitos extremamente prejudiciais, tal como a alteração no regime de infiltração da água no solo, a contaminação dos aquíferos e a superexploração de suas águas.

O instrumento legal mais importante para disciplinar o uso e ocupação do solo é o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que, nos artigos 2º e 3º, trata das áreas de preservação permanente (APPs).

As APPs foram criadas em lei com a finalidade de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. De acordo com Araújo (2002), o regime de proteção das APPs é bastante rígido: a regra é a intocabilidade, admitida excepcionalmente a retirada da cobertura vegetal original apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previstos.

Mais recentemente, tendo em vista a necessidade de se regulamentar o artigo 2º do Código Florestal, entra em vigor a Resolução nº 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 20 de março de 2002. Essa resolução estabelece parâmetros, definições e limites referentes às APPs e conforme Ribeiro *et al.* (2005) “adota, ainda que implicitamente, a bacia hidrográfica como unidade de sua aplicação”.

Tonello (2005), afirmou que a bacia hidrográfica constitui-se na mais adequada unidade de planejamento quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água. Assim, o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram.

A bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço contém as principais áreas de recarga dos aquíferos da estância hidromineral de São Lourenço. Estudos comparativos de medidas de vazão e de qualidade química das águas de suas fontes, realizados pela CPRM (1999), constataram menor índice de mineralização das águas, redução de vazão, e riscos de contaminação. Tais alterações foram associadas a ações antrópicas como desmatamento em áreas de recarga, superexploração dos aquíferos e proximidade às redes de esgotamento.

Apresenta-se neste trabalho uma análise do uso do solo nas áreas de preservação permanente da referida bacia tendo como base o Código Florestal e a Resolução CONAMA nº 303 de 2002, bem como nas áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos.

## 2- METODOLOGIA

### 2.1- Área de estudo

São Lourenço é uma cidade que, pelas suas características ambientais, tornou-se uma estância hidromineral. A utilização das águas minerais para o tratamento da saúde está historicamente ligada ao seu desenvolvimento. Sua economia baseia-se fundamentalmente no turismo, sendo que o Parque das Águas constitui a principal atração turística devido à diversidade de suas águas.

São Lourenço possui uma área de apenas 57 km<sup>2</sup> e limita-se com os municípios de Carmo de Minas, Soledade de Minas, Pouso Alto e São Sebastião do Rio Verde. Sua posição é determinada pelas coordenadas geográficas de 22° 07' 00" de latitude Sul e 45° 03' 16" de longitude Oeste. O clima, segundo a classificação de Köppen, é o Cwb (tropical de altitude com verões suaves). Ocorrem duas estações climáticas: uma de outubro a abril, caracterizada por temperaturas mais elevadas e maiores precipitações; outra, de maio a setembro, período de inverno e estiagem. O índice pluviométrico anual gira em torno de 1400 mm e a temperatura média é da ordem de 20,7°C. As médias das máximas e das mínimas são, respectivamente, 26,8°C e 12,3°C. A vegetação que originalmente correspondia à floresta mista subcaducifólia tropical, apresenta-se bastante devastada, substituída principalmente por pastagens. Ocorre também, em manchas isoladas, a vegetação do tipo campos (IGA, 1983). A Figura 1 apresenta a localização do município no estado de Minas Gerais.

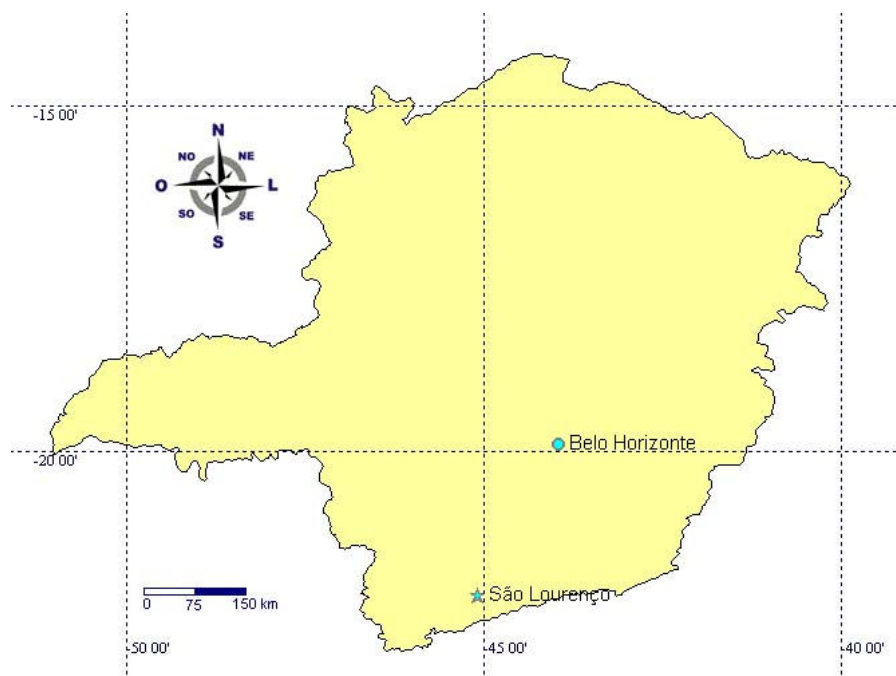


Figura 1- Localização do município de São Lourenço-MG

Os aquíferos em estudo encontram-se inseridos na bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, que possui uma área de 3.970,96 hectares e está situada entre as coordenadas geográficas 22° 04' 57" e 22° 11' 27" de latitude sul e 45° 02' 19" e 45° 08' 08" de longitude oeste de

Greenwich. O Ribeirão São Lourenço é um tributário do Rio Verde que, por sua vez, é um tributário do Rio Grande e este, integrante da bacia hidrográfica do Paraná.

As águas minerais de São Lourenço são do tipo bicarbonatadas sódicas e mistas, frias, carbogasosas, sulfurosas e ferruginosas. Apresentam a particularidade de possuírem grandes quantidades de gás carbônico, e níveis de mineralização variados, resultantes de velocidade de fluxo, tempos de trânsito e interações água-rocha ligeiramente distintos (CPRM, 1999).

De acordo com Hirata *et al.* (1994), São Lourenço apresenta dois cenários hidrogeológicos distintos, um associado às rochas gnáissicas, em áreas topograficamente mais elevadas e outro associado aos depósitos aluvionares nas áreas de planície. A recarga do aquífero sedimentar se faz por toda a sua área de afloramento e através do manto de intemperismo que recobre o aquífero cristalino. Em áreas topograficamente mais elevadas, o manto de intemperismo desenvolvido sobre o embasamento cristalino permite a infiltração e a chegada das águas ao aquífero sedimentar. Áreas com declividades muito acentuadas não permitem tal infiltração, restringindo a recarga e fazendo com que quase totalidade das águas precipitadas escorra em superfície.

## **2.2- Geração do mapa de uso do solo**

Foram utilizadas imagens do satélite CBERS-2, sensor CCD, órbita 153, ponto 125, com resolução espacial de 20 metros e data de 04 de julho de 2004. Foram utilizadas as informações das faixas do espectro eletromagnético correspondentes ao verde, vermelho e infravermelho próximo, ou seja, as bandas 2, 3 e 4.

No SIG Idrisi versão 2.0 foi efetuado o georreferenciamento de cada banda para o sistema de coordenadas UTM, utilizando-se como referência a carta topográfica do IBGE, em escala 1:50.000, folha São Lourenço (SF-23-Y-B-III-2) (IBGE, 1971). Alguns pontos foram checados em campo com o auxílio de um receptor GPS modelo Etrex Vista da Garmin.

Para a individualização das classes de uso do solo foi feito um levantamento de campo com o uso do GPS registrando-se as coordenadas de cada ponto amostrado. A partir da identificação dos temas na composição colorida foram criadas as assinaturas espectrais e realizada uma classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança. Foram identificados os seguintes temas: área edificada, mata, pastagem, agricultura, lago, capoeira e várzeas.

## **2.3- Geração do mapa de declividade**

No programa GPS TrackMaker versão Professional 3.8 foi feita a digitalização das curvas de nível com equidistância vertical de 20 metros a partir da carta topográfica do IBGE. A cada curva foi aplicado o valor de altitude correspondente.

Este arquivo vetorial foi importado para o Idrisi e o relevo foi reconstruído através da interpolação de um modelo numérico de terreno (MNT). A partir do MNT foi calculado um mapa

de declividade que foi reclassificado para 3 classes de declividade: de 0° - 17°, de 17° - 45° e declividades acima de 45°. As classes de declividade foram assim divididas com o objetivo de fazer a classificação de morros conforme definição da Resolução CONAMA nº 303 de 2002.

## **2.4- Geração do mapa de áreas de preservação permanente**

As áreas de preservação permanente foram delimitadas com base nas disposições do artigo 3º da Resolução CONAMA nº 303 de 2002. Assim, foram mapeadas as margens dos cursos d'água, com uma faixa de 30 metros, pois os cursos d'água possuem menos de 10 metros de largura; as nascentes, num raio de 50 metros; as encostas com declividade superior a 45° e o terço superior de morros, montanhas e linhas de cumeada. A cada mil metros da linha de cumeada foi considerado o terço superior do morro mais baixo.

Para a delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água, a hidrografia foi digitalizada a partir da carta topográfica do IBGE. Foi calculado um mapa de distâncias no Idrisi e em seguida isolada uma faixa de 30 metros de cada lado dos córregos da bacia. Para as APPs de nascentes também foi calculado um mapa de distâncias e delimitada uma área em torno das nascentes com raio de 50 metros.

O mapa das APPs correspondentes à declividades superiores a 45° foi obtido a partir da reclassificação do mapa de declividade.

A elaboração do mapa das APPs em topos de morros, montanhas e linha de cumeada seguiu as definições do artigo 2º da Resolução CONAMA nº 303. Para a caracterização de morro (elevação com altura entre 50 e 300 metros e encostas com declividade superior a 17° na linha de maior declive) e montanha (elevação com altura superior a 300 metros) definiu-se como cota da base à planície por onde escoar o Ribeirão São Lourenço (880 metros de altitude). Utilizando-se a carta do IBGE foram isoladas as elevações com altitude mínima de 50 metros. No programa GPS TrackMaker, as curvas de nível foram sobrepostas ao mapa de declividade, desta forma foi possível analisar a situação de cada elevação em relação a declividade das encostas.

O terço superior de cada elevação foi isolado a partir do MNT no Idrisi. Após isso, foram feitas as sobreposições das imagens obtendo-se uma imagem com as APPs de todas as elevações.

No programa GPS TrackMaker foi traçado o perfil de altitude do divisor de águas da bacia hidrográfica. Foi possível assim considerar o terço superior do morro mais baixo a cada mil metros da linha de cumeada.

Através da sobreposição dos mapas contendo cada categoria de APP obteve-se o mapa da área de preservação permanente total da bacia do Ribeirão São Lourenço.

## **2.5- Análise do uso do solo nas áreas de preservação permanente**

Para análise do uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia, foram cruzados os mapas de APPs com o mapa de uso do solo, utilizando uma operação conhecida como classificação cruzada, disponível no Idrisi. Para efeito dessa análise, devido a sua pequena área, a classe lago foi incluída na classe área edificada. As áreas de preservação permanente ocupadas com mata, capoeira e várzeas foram consideradas uso adequado do solo. As áreas de preservação permanente ocupadas com pastagem, agricultura e área edificada foram consideradas uso inadequado do solo.

## 2.6- Análise do uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos

Para análise do uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos, foi utilizado o mapa de vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão São Lourenço, elaborado pela CPRM (1999). Este mapa foi importado para o Idrisi e em seguida foram calculadas as áreas referentes a cada classe de vulnerabilidade. Foram feitos os seguintes cruzamentos de mapas: mapa de uso do solo x mapa de vulnerabilidade – para identificar as classes de uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade; mapa contendo todas as APPs x mapa de vulnerabilidade – para identificar as áreas de alta vulnerabilidade dentro de APPs e fora de APPs; mapa contendo todas as APPs e áreas de alta vulnerabilidade x mapa de uso do solo – para identificar as classes de uso do solo nas APPs e áreas de alta vulnerabilidade.

## 3- RESULTADOS E ANÁLISES

### 3.1- Uso do solo

A classificação da imagem de satélite resultou em seis classes de uso do solo conforme mostra a Figura 2.

Na Tabela 1 encontram-se os valores de área e porcentagem das classes de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

Tabela 1- Área total e distribuição percentual das classes de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

Uso do solo	Área (ha)	Percentual da bacia
Área edificada	500,72	12,61
Mata	211,32	5,32
Pastagem	1.609,08	40,52
Agricultura	850,92	21,43
Capoeira / Várzeas	790,84	19,92
Lago	8,08	0,20
Total	3.970,96	100,00

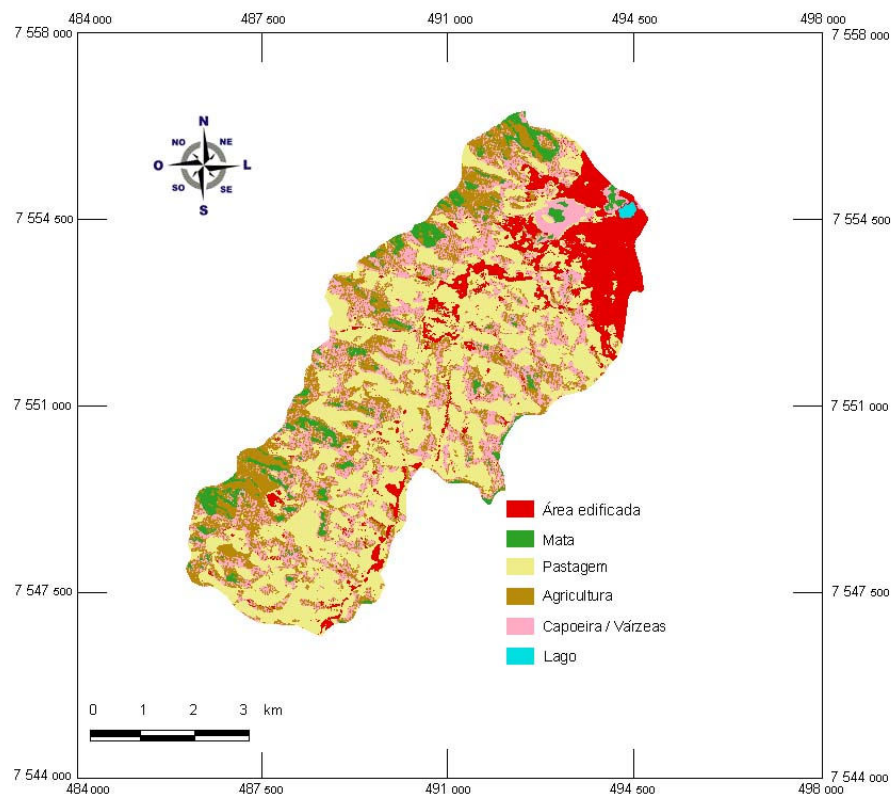


Figura 2- Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

A área edificada ocupa 12,61% (500,72 ha) da área total da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço. De acordo com Karmann (2003), nestas áreas, as construções e a pavimentação impedem a infiltração, causando o aumento do escoamento superficial e redução na recarga da água subterrânea.

A área coberta por mata, que corresponde aos fragmentos florestais nativos, ocupa 5,32% (211,32 ha) da área total. A cobertura florestal confere proteção ao solo contra o impacto direto das gotas de chuva, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo. Para Silveira (1923) *apud* Mosca (2003), a vegetação exerce influência considerável sobre o regime hidrológico ao converter o escoamento superficial em escoamento subterrâneo e interceptar parte da precipitação através dos galhos, folhas e caules. Jorge e Uehara (1998) afirmaram que, as relações de equilíbrio existentes entre a vegetação primária e o solo, adquiridas ao longo de centenas ou mesmo milhares de anos, apontam este tipo de cobertura vegetal como a de maior ação de proteção.

As pastagens formam a maior área de cobertura vegetal, com 1.609,08 ha (40,52% da área total), pois a pecuária bovina de leite tem predominância na região. De maneira geral, a pecuária na região é desenvolvida de forma extensiva, com pastagens de baixa produtividade. Segundo Pinto *et al.* (2005), este tipo de cobertura vegetal, quando bem cuidada, proporciona o recobrimento da

superfície do solo durante o ano todo, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, quando comparado com culturas agrícolas, que deixam o solo exposto durante o preparo do solo para o plantio. Entretanto, as pastagens quando mal manejadas, levam a compactação dos solos diminuindo significativamente a infiltração e afetando diretamente a vazão das nascentes.

O plantio de culturas agrícolas ocupa 21,43% (850,92 ha) da área da bacia e, em grande parte é representado pela cultura do café. A área de capoeira (vegetação em estágio inicial a médio de regeneração) e várzeas é de 19,92% (790,84 ha).

### 3.2- Áreas de preservação permanente

A Figura 3 ilustra a distribuição espacial de todas as áreas de preservação permanente na região estudada.

Na Tabela 2, sintetiza-se a contribuição isolada de cada categoria de área de preservação permanente, não sendo contabilizadas as eventuais superposições.

Tabela 2- Superfície total da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço protegida por categoria de área de preservação permanente

Categoria	Área (ha)	Percentual da bacia
Cursos d'água	709,32	17,86
Ao redor de nascentes	91,56	2,31
Topos de morros, montanhas e linha de cumeada	630,60	15,88
Declividade superior a 45°	2,20	0,06

A análise da Tabela 2 mostra que a preservação ao longo das margens dos cursos d'água responde, isoladamente, pela maior extensão (709,32 ha) das áreas protegidas e ocupa 17,86% da área total da bacia. As APPs de topos de morros, montanhas e linha de cumeada somam 630,60 ha (15,88%). As áreas ao redor das nascentes totalizam 91,56 ha (2,31%). A menor participação entre as categorias de APPs corresponde às encostas com declividade superior a 45° que ocupam 2,20 ha (0,06%). Segundo Pinto *et al.* (2005), esta categoria de APP, mesmo ocupando uma área restrita da bacia hidrográfica, apresenta significativa importância para a conservação do solo e da água da mesma.

Considerando-se as categorias de APPs mencionadas, a legislação ambiental promove a proteção efetiva de 1.328,88 ha, o que corresponde a 33,46% da área total dessa bacia. Este valor da percentagem de áreas legalmente protegidas (33,46%) encontra-se próximo ao valor encontrado por Moreira *et al.* (2003) na microbacia do Córrego Paraíso (39,02%), município de Viçosa-MG, que apresenta características topográficas semelhantes.



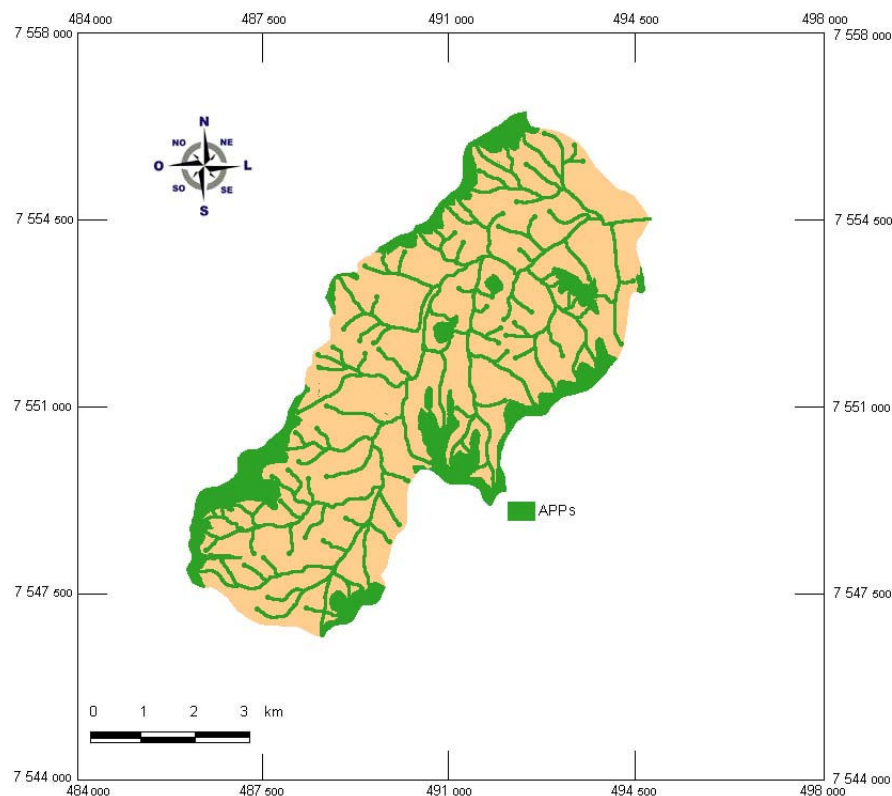


Figura 3- Mapa contendo todas as áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço

### 3.3- Uso do solo nas áreas de preservação permanente

Na Tabela 3, encontram-se os valores das classes de uso do solo nas categorias de APPs estudadas. Verifica-se que a vegetação nativa (mata, capoeira e várzeas) cobre 34,95% (32 ha) da área de preservação das nascentes, 29,34% (208,12 ha) da preservação ao longo dos cursos d'água, 29,09% (0,64 ha) das APPs referentes às encostas com declividade superior a 45° e 27,79% (175,20 ha) das APPs de morros, montanhas e linhas de cumeada. As áreas de preservação permanente situadas nas margens dos cursos d'água apresentam, dentre as categorias de APPs, a maior redução em área de mata, com apenas 5,08% (36,04 ha) cobertos por fragmentos florestais.

Do total de 1.328,88 ha relativos às APPs, 950,20 ha (71,50%) são afetados por uso indevido, 271,12 ha (20,40%) são ocupados pela classe capoeira e várzeas e 107,56 ha (8,10%) estão cobertos por fragmentos florestais nativos. A Figura 4 mostra o conflito de uso do solo nas APPs da bacia do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

Tabela 3- Uso do solo nas APPs das nascentes, cursos d'água, áreas com declividade superior a 45° e topos de morros, montanhas e linha de cumeada, da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

Uso do solo	Nascentes		Cursos d'água		Declividade superior a 45°		Topo de morro e linha de cumeada	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Área edificada	8,76	9,57	74,48	10,50	0,00	0,00	46,56	7,38
Mata	10,80	11,80	36,04	5,08	0,28	12,73	78,24	12,41
Pastagem	28,00	30,58	272,32	38,39	0,32	14,55	204,12	32,37
Agricultura	22,80	24,90	154,40	21,77	1,24	56,36	204,72	32,46
Capoeira/várzeas	21,20	23,15	172,08	24,26	0,36	16,36	96,96	15,38
Total	91,56	100,00	709,32	100,00	2,20	100,00	630,60	100,00

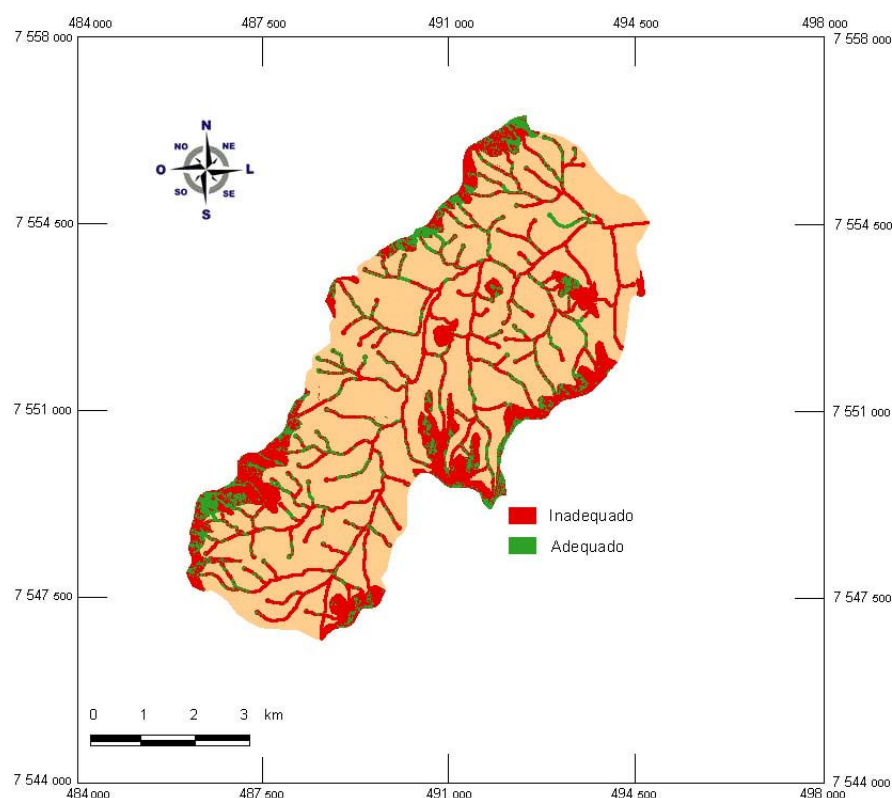


Figura 4- Mapa de uso conflitante dos solos nas APPs da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

Os resultados mostram o não cumprimento da legislação referente ao uso e ocupação do solo nas APPs estudadas. Evidencia-se, assim, a necessidade de um plano de recomposição da vegetação

dessas áreas (950,20 ha), uma vez que os desmatamentos e outros usos incorretos do solo refletem diretamente na quantidade e qualidade da água da bacia hidrográfica e conseqüentemente do aquífero local.

### 3.4- Vulnerabilidade natural dos aquíferos

Conforme Hirata *et al.* (1997), a vulnerabilidade de um aquífero significa sua maior ou menor suscetibilidade de ser afetado por uma carga poluidora. Assim, o mapa de vulnerabilidade é um instrumento básico para o planejamento de uso do solo, na medida em que define áreas de maior e menor susceptibilidade à poluição antrópica.

O mapa elaborado pela CPRM (1999), indica que na área de estudo predominam classes de vulnerabilidade que vão de baixa a alta, segundo as seguintes considerações:

- *Vulnerabilidade baixa*: aquíferos não confinados ou livres, cobertos por solos, em sedimentos aluvionares ou formações metamórficas fissuradas e com níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- *Vulnerabilidade moderada*: aquíferos não confinados, com pouca espessura de solo, em formações ígneas ou metamórficas fissuradas e com níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- *Vulnerabilidade alta*: aquíferos não confinados ou livres, sem cobertura de solo, em formações ígneas ou metamórficas fissuradas e níveis freáticos menores que 5,0 metros.

Na Tabela 4 encontram-se os valores de área e porcentagem das classes de vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão São Lourenço. Observa-se que as áreas de alta vulnerabilidade ocupam 669,68 ha (16,86% da área total da bacia).

Tabela 4- Área total e distribuição percentual das classes de vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão São Lourenço

Classes de vulnerabilidade natural	Área (ha)	Percentual da bacia
Baixa	3.048,80	76,78
Moderada	252,48	6,36
Alta	669,68	16,86
Total	3.970,96	100

### 3.5- Uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos

Na Tabela 5 encontram-se os valores das classes de uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

Tabela 5- Uso do solo nas áreas de alta vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

Uso do solo	Vulnerabilidade alta	
	ha	%
Área edificada	38,84	5,80
Mata	33,16	4,95
Pastagem	240,80	35,96
Agricultura	175,92	26,27
Capoeira/várzeas	180,96	27,02
Total	669,68	100,00

Os dados da Tabela 5 mostram que a classe de uso do solo predominante nas áreas de alta vulnerabilidade é a pastagem que ocupa 240,80 ha (35,96% do total dessas áreas), seguida pela agricultura com 175,92 ha (26,27%). A área edificada ocupa 38,84 ha (5,80%) das referidas áreas. Estes tipos de uso podem gerar fontes de poluição e, associados às áreas de alta vulnerabilidade natural dos aquíferos, se não tomados os devidos cuidados, podem vir a causar a contaminação dos mesmos.

### 3.6- Áreas de preservação permanente e áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos

Através do cruzamento do mapa contendo todas as áreas de preservação permanente com o mapa de vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão São Lourenço observou-se que, as áreas de preservação permanente cobrem parcialmente as áreas de alta vulnerabilidade, como mostra a Figura 5.

Do total de 669,68 ha relativos às áreas de alta vulnerabilidade natural, 354,44 ha (52,93% do total das áreas de alta vulnerabilidade) estão localizados em áreas de preservação permanente e conseqüentemente, devem ser preservados. As áreas de alta vulnerabilidade localizadas fora de APPs correspondem a 315,24 ha (47,07%) e, desta maneira, ficam expostas a todo tipo de degradação.

Diante da importância das áreas de alta vulnerabilidade não cobertas pelas APPs (315,24 ha), para a preservação dos aquíferos provedores de águas minerais, pressupõe-se que deveria ser adotado um manejo diferenciado para as mesmas.

Caso se decidisse pela incorporação dessas áreas às áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica, isto contribuiria não somente para a proteção dos aquíferos, mas também, para a melhoria da forma e função ambiental das APPs, já que estas áreas se encontram totalmente superpostas, como pode ser visto na Figura 5.

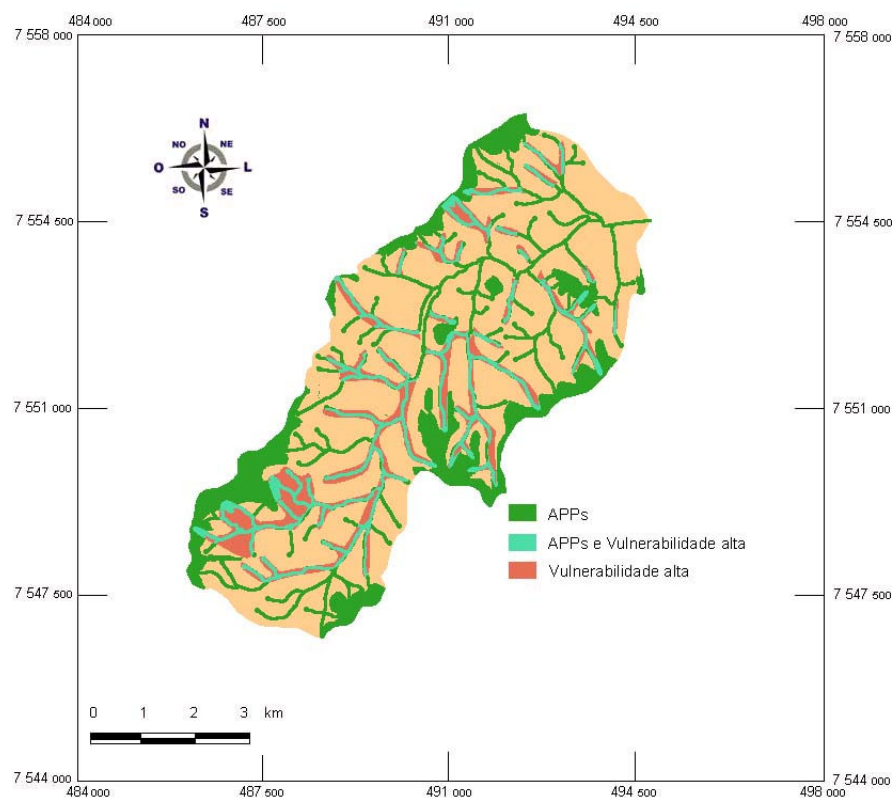


Figura 5- Mapa contendo todas as APPs e áreas de alta vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço

Com a incorporação destas áreas às APPs, a área total a ser preservada na bacia do Ribeirão São Lourenço passaria de 1.328,88 ha para 1.644,12 ha, o que representa 41,40% da área total da bacia. Destes, 1.161,04 ha (70,62%) estão sob uso inadequado e 483,08 ha (29,38%) encontram-se sob uso adequado, como mostra a Figura 6. Desta maneira, a área a ser recomposta na bacia passaria de 950,20 ha para 1.161,04 ha.

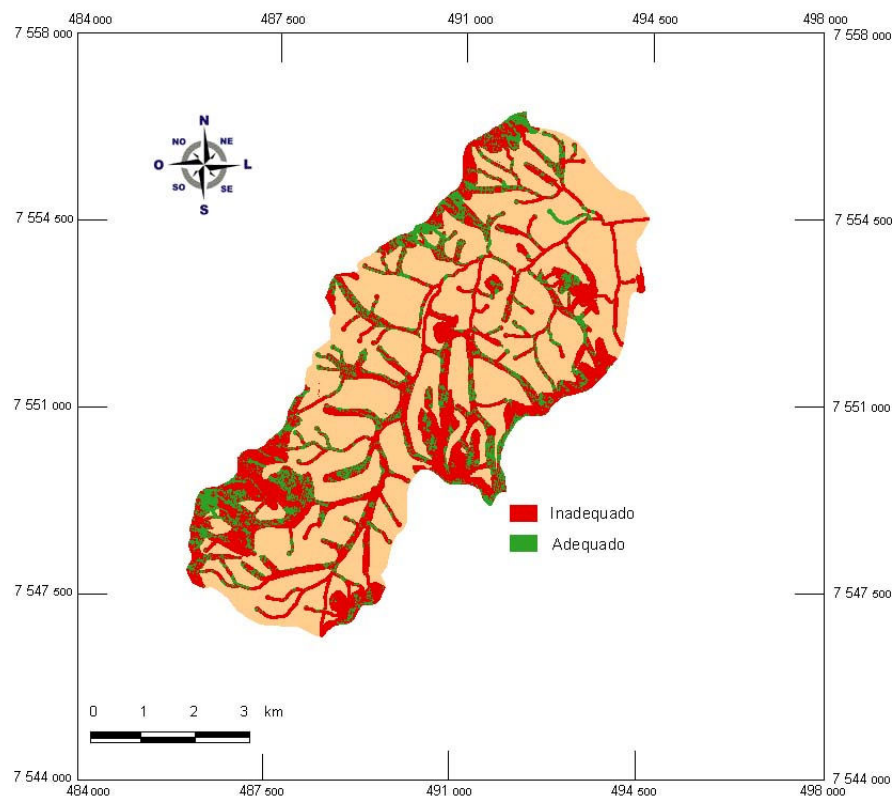


Figura 6- Mapa de uso conflitante do solo nas APPs e áreas de alta vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

#### 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa de uso do solo mostra que a bacia do Ribeirão São Lourenço encontra-se bastante alterada pela ação antrópica. As áreas de mata nativa sofreram intensa devastação sendo substituídas principalmente por pastagens.

A área de preservação permanente total representa 33,46% (1.328,88 ha) da área total da bacia, onde 71,50% encontram-se sob uso inadequado. Fica claro o não cumprimento da legislação ambiental e a necessidade de um plano de recomposição dessas áreas com vegetação nativa.

As áreas de alta vulnerabilidade natural dos aquíferos ocupam 16,86% (669,68 ha) da área total da bacia. Estas áreas encontram-se parcialmente localizadas em áreas de preservação permanente. Diante da importância das áreas de alta vulnerabilidade não cobertas pelas APPs (315,24 ha) para a proteção dos aquíferos, sugere-se que seja adotado um manejo diferenciado para as mesmas, tendo em vista a preservação da qualidade das águas subterrâneas.

As técnicas de geoprocessamento foram essenciais para análise do uso do solo nas áreas de preservação permanente e áreas de alta vulnerabilidade dos aquíferos. Desta forma, o presente

estudo fornece um banco de dados para futuro planejamento e gerenciamento de uso e ocupação do solo, e permite ressaltar a existência de ferramentas para dar suporte à integração de dados, como os sistemas de informação geográfica, tornando mais ágil e dinâmica a construção de diferentes visões sobre o mesmo espaço.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, S. M. V.G. de. (2002). *As áreas de preservação permanente e a questão urbana*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, Brasília. Disponível em: <[www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema14/pdf/207730.pdf](http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema14/pdf/207730.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2006.
- BARBOSA, L. M. (Coord.). (2006). *Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica. 147 p. Disponível em: <[http://www.ibot.sp.gov.br/curso\\_rad/apostila\\_final.pdf](http://www.ibot.sp.gov.br/curso_rad/apostila_final.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2006.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/L4771.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 20 mar. 2005.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (1999). *Projeto Circuito das Águas do Estado de Minas Gerais - Estudos Geoambientais das Fontes Hidrominerais de Águas de Contendas, Cambuquira, Caxambu, Lambari e São Lourenço*. Belo Horizonte. 142 p.
- HIRATA, R. *et al.* (1994). *Estudo para localização de fontes de águas não carbo-gasosas*. São Lourenço: Empresa de Águas São Lourenço S.A.
- HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C. R. de A.; ROCHA, G. de A (Coords.). (1997). *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo: IG/CETESB/ DAEE, v.1, 129 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1971). São Lourenço – folha topográfica SF-23-Y-B-III-2. Escala: 1: 50.000.
- IGA – Instituto de Geociências Aplicadas. (1983). Mapa Topográfico de São Lourenço – MG, escala 1: 30.000. Belo Horizonte.
- JORGE, F. N. de; UEHARA, K. (1998). “*Águas de superfície*”. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p. 101-109.
- KARMANN, I. (2003). “*Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica*”. In: TEIXEIRA, W. *et al.* (Orgs.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. cap. 7, p. 113-138.

- MOREIRA, A. de A. *et al.* (2003). “Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p.1381-1389. Disponível em: <mar.te.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.28.12.35/doc/goto-/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.12.11.06>. Acesso em: 30 maio 2006.
- MOSCA, A. A. de O. (2003). *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas*. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20082003-170146/publico/andreaia.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2006.
- PINTO, L.V.A. *et al.* (2005). “Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente”. *Cerne*, Lavras, v.11, n.1, p. 49-60. Disponível em: <www.dcf.ufla.br/cerne/Revista11n1-2005/06%20artigo%2012%20Editorado.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2006.
- RIBEIRO, C. A. A. S. *et al.* (2005). “O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente”. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rarv/v29n2/a04v29n2.pdf>. Acesso em: 30 maio 2006.
- TONELLO, K. C. (2005). *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG*. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.