

55652

LILIAN VILELA ANDRADE PINTO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO
SANTA CRUZ, LAVRAS, MG, E PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO
DE SUAS NASCENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Engenharia Florestal, área de
concentração em Manejo Ambiental, para obtenção
do título de "Mestre"

Orientadora

Profa. Soraya Alvarenga Botelho

LAVRAS
MINAS GERAIS -
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pinto, Lilian Vilela Andrade

**Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa
Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes / Lilian Vilela
Andrade Pinto. – Lavras : UFLA, 2003.**

165 p. : il.

Orientador: Soraya Alvarenga Botelho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Nascente. 2. Sub-bacia. 3. Geoprocessamento. 4. Área de preservação permanente. 5. Área de recarga. 6. Mata ciliar. 7. Composição florística. 8. recuperação. 9. Vazão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-333.9162

-551.483

Aos meus pais, Roberto e Marilda, por tudo o que eles representam e pela dedicação, pelo amor e pelo carinho para que eu pudesse vencer meus próprios limites em mais essa etapa da minha vida,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado permissão de hoje estar aqui.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade de realizar este curso.

À CAPES pela concessão da bolsa e à CEMIG/ANEEL, pelos recursos para a realização deste trabalho através do projeto “Estudo integrado da vegetação ciliar no entorno de nascentes, rios e reservatórios”.

Às professoras Soraya Alvarenga Botelho e Elizabeth Ferreira e ao professor Antonio Claudio Davide, pela dedicação na orientação, incentivo, colaboração, tolerância e, principalmente, por acreditarem em mim.

Aos professores Ary Teixeira de Oliveira Filho, Alcione de Oliveira, Antonio Marciano da Silva e Marco Aurélio Leite Fontes, pelas valiosas críticas e sugestões para melhoria deste trabalho.

Aos professores Ary Teixeira de Oliveira Filho, Douglas Antônio de Carvalho e Eduardo Van den Berg e ao técnico José Carlos Martins, pela identificação taxonômica das espécies.

Aos colegas José Pedro, José Carlos, Longuinho, Anderson, Bruno, João Carlos, Daniel, Adriano, Cenzinho, Edson e Simone, pela indispensável e árdua colaboração durante as atividades de campo e pelas gargalhadas, incentivos e otimismo durante o trabalho.

Às colegas Priscila e Simone, pelo apoio e colaboração nos trabalhos de escritório.

Ao Luís Fernando, pela pessoa maravilhosa, pelo carinho, compreensão, estímulo e encorajamento nos momentos difíceis desta batalha.

Aos amigos do peito Anderson Cleiton José, Luciano Teixeira de Oliveira, Maria Zélia Ferreira e Gleyce Campos Dutra, pela paciência que sempre tiveram comigo, por me agüentarem mesmo nos meus piores dias e por me ensinarem muito durante nossa convivência.

Aos amigos e companheiros de balada Edmilson, Nelinho, Bodinho, Paulo, Cabacinha, Luis, Afrânio, Joema, Eveline e Gilnei, por todo apoio e pelas horas alegres que tivemos.

Aos colegas do Laboratório de Silvicultura, Israel, Awdreia, Emílio, Gentil e Maga, pelo incentivo e gargalhadas.

A todos aqueles que, de maneira direta e ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução geral	1
2 Referencial teórico	3
2.1 Tipos de nascentes.....	3
2.2 Aspectos legais referentes ao uso e proteção da água no Brasil	4
2.2.1 O Código de Águas	5
2.2.2 A Lei dos Recursos Hídricos.....	5
2.2.3 O Código Florestal e a Lei 7.754/1989.....	6
2.3 Funções protetoras das florestas na conservação dos recursos hídricos	8
2.4 Principais causas da degradação das nascentes	13
2.4.1 Desmatamento.....	14
2.4.2 Erosão dos solos	15
2.4.2.1 Preparo e manejo do solo	16
2.4.2.2 Superpastejo	18
2.4.2.3 Queimadas.....	20
2.4.3 Contaminação dos mananciais	21
2.4.4 Reflorestamento mal manejado	23
2.5 Sistema de informações geográficas (SIG) aplicados em estudos de bacias e sub-bacias hidrográficas.....	25
3 Referências bibliográficas	29
CAPÍTULO 2: Estudo das nascentes e caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, utilizando geoprocessamento.....	38
1 Resumo.....	38
2 Abstract	40
3 Introdução	42
4 Material e métodos.....	44
4.1 Área de estudo.....	44
4.2 Levantamento fisiográfico da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz.....	46
4.2.1 Determinação das características dimensionais da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	47
4.2.2 Mapa básico ou planialtimétrico	49
4.2.3 Mapas temáticos	50
4.2.3.1 Mapa de declividade.....	50
4.2.3.2 Mapa de uso da terra	51
4.2.3.3 Mapa das classes de solos.....	52
4.2.3.4 Mapa da delimitação das áreas de preservação permanente.....	53
4.2.3.5 Mapa de uso conflitante da terra.....	53
4.2.4 Mapa da área de recarga	54

4.2.5 Cruzamento de mapas.....	55
4.3 Informações das nascentes obtidas no campo	55
4.3.1 Localização das nascentes.....	55
4.3.2 Situação atual das nascentes.....	56
5.3.3 Medição de vazão.....	57
5 Resultados e discussão.....	60
5.1 Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	60
5.1.1 Características dimensionais da sub-bacia de drenagem.....	60
5.1.2 Declividade.....	61
5.1.3 Solos.....	62
5.1.4 Uso da terra.....	66
5.1.5 Uso da terra nas áreas de preservação permanente.....	71
5.2 Informações das nascentes obtidas no campo	77
5.2.1 Localização das nascentes.....	77
5.2.2 Situação atual das nascentes.....	79
5.2.3 Situação atual da vazão das nascentes	81
5.3 Caracterização física das áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	82
5.3.1 Declividade das áreas de recarga.....	82
5.3.2 Solos nas áreas de recarga.....	84
5.3.3 Uso da terra nas áreas de recarga.....	86
6 Conclusões.....	90
7 Referências bibliográficas.....	92
CAPÍTULO 3: Estudo da vegetação e propostas de recuperação das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	96
1 Resumo.....	96
2 Abstract.....	98
3 Introdução.....	99
4 Material e métodos.....	101
4.1 Áreas de estudo e seleção das nascentes amostradas.....	101
4.2 Levantamento florístico do estrato arbóreo e da regeneração natural.....	103
4.2.1 Similaridade florística.....	104
4.2.2 Diversidade florística.....	106
4.3 Parâmetros fitossociológicos.....	107
5 Resultados e discussão.....	108
5.1 Composição florística.....	108
5.1.1 Similaridade florística entre os fragmentos no entorno das nascentes.....	126
5.1.2 Diversidade florística.....	132
5.2 Parâmetros fitossociológicos.....	135
5.3 Propostas para recuperação das nascentes.....	145
5.3.1 Seleção de áreas prioritárias para recomposição.....	145
5.3.2 Seleção de técnicas silviculturais de revegetação e enriquecimento.....	145
6 Conclusões.....	152
7 Referências bibliográficas.....	153
ANEXOS.....	158

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão e chuva anual.....	15
TABELA 2	Perda de solo pelos diferentes tratos culturais.....	18
TABELA 3	Perda de solo pelas diferentes práticas conservacionistas em culturas anuais.....	18
TABELA 4	Produção de forragens, resíduos vegetais e infiltração sob diferentes intensidades de pastejo	19
TABELA 5	Correlação entre classes de declividade e relevo.....	51
TABELA 6	Correlação entre classes de declividade e classes de solo da região de Lavras, MG.....	52
TABELA 7	Propriedades dimensionais da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	61
TABELA 8	Índices quantitativos da rede de drenagem e comprimento das ordens de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	61
TABELA 9	Área total e distribuição percentual das classes de declive da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	62
TABELA 10	Área total e distribuição percentual das classes de solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	65
TABELA 11	Área total e distribuição percentual das classes de uso e cobertura do solo da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	67
TABELA 12	Uso da terra nas áreas de preservação permanente das nascentes, matas ciliares e encostas, com declividade superior 45°, da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	74
TABELA 13	Classificação das nascentes quanto ao grau de conservação e ao tipo de lençol a que estão associadas.....	80 ✓
TABELA 14	Presença das nascentes nas respectivas classes de declividade da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	81
TABELA 15	Resumo das vazões médias dos diferentes tipos de nascentes em seus diferentes estados de conservação.....	82
TABELA 16	Declividade nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	84

TABELA 17	Solos nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	85
TABELA 18	Uso da terra nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	87
TABELA 19	Uso conflitante da terra nas APP e áreas com 20% a 45% de declividade localizadas nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	88
TABELA 20	Caracterização das nascentes amostradas quanto ao grau de conservação, tipo, código, posição geográfica e vazão.....	101
TABELA 21	Relação das espécies arbustivo-arbóreas registradas nas nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	109
TABELA 22	Relação dos parâmetros da vegetação para as nascentes em separado.....	133
TABELA 23	Relação dos parâmetros da vegetação para as categorias de nascentes em conjunto e em separado..	134
TABELA 24	Relação das espécies não raras do estrato arbóreo amostradas nas quatro categorias de nascentes.....	136
TABELA 25	Relação das espécies não raras da regeneração natural amostradas nas quatro categorias de nascentes.....	139
TABELA 26	Relação das espécies com potencial para utilização na recuperação das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG	148

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1	Localização da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	45
FIGURA 2	Roteiro das etapas de trabalho executadas para o prognóstico físico/ambiental da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	46
FIGURA 3	Sentido de medição da vegetação no entorno das nascentes.....	57
FIGURA 4	Precipitação anual do município de Lavras, 1991-2001...	59
FIGURA 5	Mapa das classes de declividade da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	63
FIGURA 6	Mapa das classes de solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	64
FIGURA 7	Mapa de uso da terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras- MG.....	68
FIGURA 8	Mapa de mata nativa presente na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	69
FIGURA 9	Mapa de uso conflitante da terra nas APPs e áreas com declividade entre 20% a 45% da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	72
FIGURA 10	Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	73
FIGURA 11	Fotos das diferentes perturbações em áreas de preservação permanente pela presença do gado.....	75
FIGURA 12	Mapa de uso conflitante da terra nas áreas de preservação permanente da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	76
FIGURA 13	Localização das nascentes na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	78
FIGURA 14	Fotos das diferentes perturbações das nascentes.....	80
FIGURA 15	Mapa das áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	83
FIGURA 16	Mapa da localização das nascentes amostradas na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	102
FIGURA 17	Disposição das parcelas do extrato arbóreo e da regeneração natural.....	104

FIGURA 18	Análises multivariadas da composição da flora do estrato arbóreo e da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	127
FIGURA 19	Análises multivariadas da composição da flora da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	129
FIGURA 20	Análises multivariadas da composição da flora do estrato arbóreo dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	130
FIGURA 21	Diagrama de ordenação das espécies da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, produzido pela análise de correspondência retificada (DCA).....	132
FIGURA 22	Densidade absoluta (DA) das 24 espécies mais importantes (10 espécies mais importantes em termos de abundância em cada categoria de nascente estudada: DD, DP, PD, PP).....	143

RESUMO

PINTO, Lilian Vilela Andrade. Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes. Lavras: UFLA, 2003. 165p. (Dissertação – Mestrado em Manejo Ambiental).

Os objetivos deste estudo foram realizar a caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, estudar a vegetação no entorno das nascentes e propor modelos de recuperação das mesmas. Para isso, foram realizados: (a) a caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz; (b) a caracterização das nascentes perenes e de suas áreas de recarga; (c) a análise do cumprimento da legislação ambiental nas áreas de preservação permanente dos córregos, nascentes e encostas e nas áreas de recarga das nascentes perenes; (d) o levantamento florístico do estrato arbóreo e da regeneração natural das nascentes; e (e) a seleção de espécies para serem utilizadas na revegetação das nascentes degradadas e perturbadas da sub-bacia. Foram utilizadas cartas planialtimétricas, imagens de satélite, fotos aéreas verticais e levantamento de campo, os quais foram manipulados em um SIG por meio do programa SPRING. O banco de dados foi composto por mapas temáticos da rede de drenagem, declividade, solos, mata nativa, uso da terra, áreas de preservação permanente (APP), de uso conflitante e das áreas de recarga. As nascentes tiveram suas vazões mensuradas e foram classificadas quanto ao tipo de reservatório associado e ao estado de conservação da vegetação. Os levantamentos florístico e estrutural foram realizados em doze nascentes, sendo três para cada uma das seguintes categorias: perturbada pontual, perturbada difusa, degradada pontual e degradada difusa. Em cada nascente foram demarcadas 4 parcelas de 50x10m para inventariar floristicamente os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 5cm e 20 parcelas de 2x10m para inventariar floristicamente os indivíduos da regeneração natural com DAP inferior a 5cm e altura superior a 10cm. Para a comparação do perfil florístico do estrato arbóreo e da regeneração natural entre as doze nascentes amostradas empregou-se a análise de correspondência retificada (DCA) e análise de agrupamento de cluster. Cerca de 50% da área da sub-bacia e das áreas de recarga das nascentes apresentam declividade acima de 12%, com áreas de relevo ondulado a montanhoso. Os tipos de solos predominantes na sub-bacia são os Latossolos e nas áreas de recarga das nascentes são os B texturais e

Comitê Orientador: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Orientadora), Elizabeth Ferreira – UFLA e Antonio Claudio Davide – UFLA (Co-orientadores).

Latossolos. A pastagem representou o uso predominante (62,41%), sendo responsável por 84,57% dos 11,04% de uso conflitante presente na sub-bacia e por 78,45% dos 9,3% de uso conflitante presente nas áreas de recarga das nascentes. A área total de preservação permanente (17,5%) junto com os 20% da área de reserva legal totalizaram 37,5%. No entanto, a vegetação nativa ocupou apenas 25,74% da sub-bacia, havendo necessidade do reflorestamento em 11,76% da área. Foram locadas 177 nascentes perenes, distribuídas em 6 categorias: preservada pontual (10,17%), preservada difusa (4,52%), perturbada pontual (34,46%), perturbada difusa (25,99%), degradada pontual (8,46%) e degradada difusa (16,38%). As maiores áreas de recarga não mostraram correlação com as maiores vazões das nascentes. No entanto, as áreas de recarga que apresentaram as menores áreas com uso conflitante tiveram as maiores vazões. No levantamento estrutural foram registrados 6.851 indivíduos distribuídos em 224 espécies, 127 gêneros e 54 famílias botânicas. Os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J'), calculados para as doze nascentes em conjunto, foram, respectivamente, de 3,889 e 0,719. Uma maior diversidade de espécies foi encontrada nas nascentes pontuais perturbadas (160) e degradadas (126), quando comparadas com as nascentes difusas perturbadas (70) e degradadas (49). Há predomínio de espécies de estádios iniciais nas nascentes degradadas e de estádios mais avançados nas perturbadas. A densidade de indivíduos é superior nas nascentes perturbadas. A partir da observação de distinção entre as espécies de maior ocorrência na regeneração natural, entre as diferentes categorias de nascentes, foi possível indicar as espécies preferenciais para cada estado de conservação e condições de ambiente (solo úmido ou bem drenado).

Palavras-chave: nascente, sub-bacia, geoprocessamento, áreas de preservação permanente, área de recarga, mata ciliar, composição florística, recuperação, vazão.

ABSTRACT

PINTO, Lilian Vilela Andrade. Physical characterization of the Santa Cruz Stream's sub-watershed, Lavras MG, and proposals for recovery of its springs. Lavras: UFLA, 2003. 165p. (Master Dissertation in Environmental Management).

The objectives of this study were to characterize the physical aspects of the Santa Cruz Stream's sub-watershed, study the vegetation around the springs and propose recovering models. In order to do that, the following was accomplished: a) the physical characterization of the Santa Cruz Stream; b) the characterization of the perennial springs and of their recharging areas; c) the analysis of the accomplishment of the environmental legislation in the areas of permanent preservation of the streamlets, springs and hillsides and in the recharging areas of the perennial springs; d) the floristic survey of the arboreal stratum and of the natural regeneration of the springs; and e) the selection of species to be used on the reforestation of degraded and disturbed springs of the sub-watersheds. Topographic maps, satellite images, aerial vertical photos and field surveys were used. The gathered data were processed in a GIS using SPRING. The data base was composed by thematic maps of the drainage network, slope, soil, native forest, land use, areas of permanent preservation (APP), of conflicted use and of the recharging areas. The springs had their flows measured and were classified according to the type of associated reservoir and to the state of conservation of the vegetation. The floristic and structural surveys were done in twelve springs, with three springs for each one of the following categories: punctual disturbed; diffuse disturbed; punctual degraded and diffuse degraded. In each spring 4 parcels of 50 x 10m were delimited in order to perform the floristic inventory of the arboreal individuals with diameter at breast height (DBH) \geq 5cm and 20 parcels of 2 x 10m to perform the floristic inventory of the individuals of the natural regeneration with a DBH inferior to 5cm and height superior to 10cm. Detrended correspondence analysis (DCA) and cluster analysis were used to compare, among the sampled springs, the floristic profile of the arboreal stratum and of the natural regeneration. About 50% of the sub-watershed area and of the springs recharging areas presented slope above 12%, with wavy to mountainous relief. The predominant types of soil in the sub-watershed were Latosol, whereas in the recharging areas were B-textural and Latosol. Pasture was the predominant land use (62.41%), representing 84.57% of the conflictive use occurring in the sub-watershed and 78.45% of the conflictive

Adviser Committee: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Adviser), Elizabeth Ferreira – UFLA and Antônio Claudio Davide – UFLA (Co-Advisers).

use in the recharging areas. The total area under conflictive use in the sub-watershed was 11.04% and in the recharging area was 9.3%. The total area of permanent preservation (17.5%) together with the 20% of the area of legal reserve totalized 37.5%. Yet, the native vegetation occupied only 25.74% of the sub-watershed, demanding reforestation of 11.75% of the area. There were 177 perennial springs located and distributed in 6 categories: punctual preserved (10.17%), diffuse preserved (4.52%), punctual disturbed (34.46%), diffuse disturbed (25.99%), punctual degraded (8.46%) and diffuse degraded (16.38%). The largest recharging areas did not show correlation with the highest flow values. Yet, the recharging areas that presented the smallest areas of conflictive use had the highest flow values. In the vegetation structural survey, were registered 6851 individuals, distributed in 224 species, 127 genus and 54 botanical families. The diversity index of Shannon-Weaver (H') and the equality index of Pielou (J'), calculated for the set of 12 springs, were, respectively, 3,889 and 0,719. A relative high diversity of species was found in the punctual disturbed (160) and degraded (126) springs, when compared to the diffuse disturbed (70) and degraded (49) springs. There is predominance of species on initial stages at the degraded springs and of more advanced stages in the disturbed ones. The density of individuals is superior in the disturbed springs. From the distinction shown by DCA among the most common species in the natural regeneration as a function of different springs categories, it was possible to indicate the preferential species to be used for reforestation in each state of conservation and environmental conditions (humid soil or well drained).

Keywords: spring, sub-watershed, geoinformation processing, areas of permanent preservation, recharging area, riparian forest, floristic composition, recuperation, flow.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A água constitui o recurso natural mais importante por ser fundamental aos outros recursos (vegetais, animais e minerais), por ter influência direta na manutenção da vida, saúde e bem-estar do homem e por garantir auto-suficiência econômica de uma região ou país.

A exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia.

A água potável acessível é relativamente escassa e, sem dúvida, essa escassez será um dos principais problemas ambientais a serem enfrentados pela população mundial nas próximas décadas. Tal fato pode ser percebido conforme o Relatório das Organizações das Nações Unidas (ONU), que prevê que a água será um recurso escasso para este milênio e, daqui a 3 décadas, a carência de água vai afetar 2/3 da população mundial, o equivalente a 5,5 bilhões de pessoas (Almeida et al., 2000).

Em face da necessidade de manutenção e defesa da qualidade desse recurso natural, torna-se cada vez mais urgente o estabelecimento de um convívio mais harmonioso entre o homem e o meio, a fim de desenvolver atividades agropecuárias e industriais ecologicamente corretas que não comprometam os elementos da paisagem. Para isso, são necessárias tanto a realização de um plano de recuperação e conservação da vegetação ripária no entorno das nascentes e cursos d'água, como também a realização de medidas

relacionadas ao ordenamento e planejamento do uso da terra, ou seja, de um manejo efetivo da bacia hidrográfica, visando aumentar a sustentabilidade do ambiente.

Por ser uma unidade natural da paisagem, a sub-bacia hidrográfica representa uma condição apropriada de definição espacial do ecossistema, dentro da qual são possíveis a avaliação e o prognóstico detalhado das interações entre o uso da terra, a quantidade e a qualidade de água por ela drenada. Segundo Lima (1986b), o manejo de bacias hidrográficas envolve o uso de todos os recursos naturais de uma bacia com o objetivo de produção de água de boa qualidade.

É imprescindível para a manutenção da “saúde” da sub-bacia, a proteção dos canais intermitentes (Zakia, 1998) e perenes. Essa proteção deve começar pelas cabeceiras destes canais, que, em geral, apresentam uma vegetação bastante diversa e pouco se conhece a respeito de sua fisionomia, da florística e da interação dessa vegetação na conservação dessas nascentes.

A perenidade da água de uma nascente é o resultado da manutenção do nível de água do lençol freático da sua área de recarga e sua qualidade será o resultado das ações que se realizarem no solo dessa área de recarga. Assim, faz-se necessário o estudo das interações dos recursos da sub-bacia, uma vez que, segundo Pereira (1973), citado por Lima (1986b), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

Assim sendo, os objetivos deste estudo foram realizar a caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, estudar a vegetação no entorno das nascentes e propor modelos de recuperação das mesmas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As nascentes, também conhecidas como olho d'água, fio d'água, mina d'água, cabeceira e fonte, são pontos nos quais a água subterrânea aflora naturalmente através da superfície do solo, mesmo que de forma intermitente. Estes pontos significam o início de um curso d'água formador de pequenos e grandes rios que vão desaguar nos mares.

Segundo Castro (2001), a maioria das nascentes são formadas em regiões montanhosas, nas chamadas bacias de cabeceira e esta água jorrada tem origem nas águas subterrâneas.

Para que se possa conservar as nascentes é preciso conhecer seus tipos, a legislação que rege sua proteção, o papel das florestas na infiltração e conservação da água subterrânea e quais os principais usos da terra que, a curto e longo prazo, são causadores de degradação das nascentes.

2.1 Tipos de nascentes

Segundo Castro (2001), as nascentes podem ser classificadas tanto quanto ao regime de água quanto ao tipo de reservatório a que estão associadas, conforme descritas a seguir.

Quanto ao regime de águas, as nascentes são classificadas em perenes por apresentarem um fluxo de água contínuo, inclusive na estação seca; em temporárias, por apresentarem fluxo durante a estação das chuvas e em efêmeras, por surgirem durante uma chuva, permanecendo durante alguns dias e desaparecendo logo em seguida.

Quanto ao tipo de reservatório, os lençóis freáticos dão origem às nascentes de encosta e às nascentes difusas. O autor ressalta ainda que os lençóis artesianos, em casos excepcionais, também podem ocasionar esses dois tipos de nascentes.

As nascentes de encosta surgem em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, permitindo que em um determinado ponto ocorra o seu encontro, o que é responsável pelo afloramento do lençol freático. Estas nascentes, por apresentarem a ocorrência do fluxo d'água em um único local do terreno (correspondente ao ponto de encontro da encosta com a camada impermeável), são também conhecidas como olhos d'água, ou pontuais.

Já nas nascentes difusas, a camada impermeável situa-se de tal forma que fica paralela à parte mais baixa do terreno e, estando próxima à superfície, ocorrerá um fluxo d'água da encosta para o lençol freático. Este fluxo promoverá um aumento no nível de água do lençol freático, fazendo com que, em determinado momento, este nível seja elevado até a superfície do terreno. Esta elevação do nível do lençol freático provocará um encharcamento do solo, originando, de forma desordenada, um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno.

2.2 Aspectos legais referentes ao uso e proteção da água no Brasil

A aplicação da legislação tem contribuído muito para a preservação da vegetação, do solo e da água. Os principais resultados obtidos surgiram a partir de 1987, após as ações do manejo integrado em sub-bacias.

Os marcos legais básicos referentes ao uso e proteção da água no Brasil são o Código de Águas, estabelecido pelo Decreto Federal 24.643, de 10/7/34, a Lei 9.433, de 8/1/97, a Lei nº 4.771, de 1965 do Código Florestal regulamentada pela Resolução Nº 303, de 20 de março de 2002 e a Lei 7.754 de 14/04/1989, que trata da proteção às florestas existentes nas nascentes de rios.

2.2.1 O Código de Águas

O Código de Águas, Decreto nº 24.643, de 1934, adotou o conceito de propriedade vigente prevendo a intervenção governamental com a finalidade de impedir aproveitamentos prejudiciais de águas subterrâneas (Brasil, 2002b).

As nascentes que se encontram nos limites de uma propriedade privada, assim como os rios que servem de limites entre duas propriedades privadas, devem ter o uso de suas águas subordinado aos interesses públicos. Entretanto, são tidas como particulares as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando as mesmas não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou as águas comuns (Brasil, 2002b).

O Decreto-lei nº 852, de 1938, manteve o Código de Águas, enfocando que, nos estudos relativos à água, convém ter distinção entre o significado do vocábulo "água" e o da expressão "recurso hídrico". Água é o elemento natural, reciclável, de ocorrência aleatória – essencial para todos. Recurso hídrico é uma de suas condições, ou seja, é a água como bem econômico passível de utilização para este fim. Enfoca ainda que o que se deve proteger e preservar é a água como um todo e não apenas na condição de "recurso" (Brasil, 2002d).

2.2.2 A Lei dos Recursos Hídricos

A Lei de Recursos Hídricos, nº 9433/97, contempla a gestão integrada dos recursos hídricos e adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, criando condições para a atuação participativa e descentralizada dos usuários no processo (Brasil, 2002g).

Deve-se dar destaque à criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, aos comitês de bacia hidrográfica e às agências de água, como organizações inteiramente novas que, a partir de então, passaram a fazer parte do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Estas organizações enfocam que a gestão de recursos hídricos somente será bem sucedida se levar em consideração

as inter-relações existentes entre esses recursos e os demais recursos naturais (Brasil, 2002g).

A lei sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos trata da água na condição de bem econômico, ou seja, de “recurso hídrico”. Esta consideração pode ser observada em algumas das ementas dos artigos 1º, II; 5º, IV; 19, 21; 22; I; 38,VI; 44, XI, b; da referida lei (Brasil, 2002g).

O Decreto Federal nº 50877, de 1961, define a poluição dos recursos hídricos como *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar um prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e, ainda, comprometer à sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, principalmente, à existência normal da fauna aquática”* (Brasil, 2002c).

2.2.3 O Código Florestal e a Lei 7.754/1989

Atualmente, o Código Florestal considera as áreas ao redor dos corpos d'água, cobertas ou não por vegetação nativa, como áreas de preservação permanente. Tais áreas, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, são descritas no Artigo 2º onde são consideradas de preservação permanente, *“pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural”* previstas nas alíneas a e c, *“in verbis”*: *“a) ao longo dos rios ou de qualquer curso de água em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, cuja largura mínima seja (1) de 30 (trinta) metros, para os cursos de água de menos de 10 (dez) metros de largura; (2) de 50 (cinquenta) metros, para os cursos de água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; (3) de 100 (cem) metros, para os cursos de água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; (4) de 200 (duzentos) metros,*

para os cursos de água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; (5) de 500 (quinhentos) metros, para os cursos de água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; e (c) nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica constituinte" (Brasil, 2002e e Brasil, 2002a).

A Medida Provisória nº 2.080-60, prevê, no art. 4º, que "a supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto" e, no § 7º do referido artigo que "é permitido o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente, para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção a longo prazo da vegetação nativa" (Brasil, 2002h).

Moraes (2000), ao comentar o Código Florestal, salienta que a alínea do artigo 2º que trata das nascentes é uma norma objetiva destinada a um fim específico e a proibição dessa alínea está diretamente ligada à própria existência e conservação da vegetação. Sem água ou com sua diminuição, a flora será modificada de forma a impedir a exploração comercial da propriedade.

Tal proibição já existia, de certa forma, nos artigos de 13 a 15 do Código das Águas (Brasil, 2002b).

Existe ainda a lei 7.754 de 14 de abril de 1989, que considera de preservação permanente, na força da Lei 4.77/1965, as florestas e demais formas de vegetação natural existentes nas nascentes dos rios. A referida lei estabelece medidas para proteção de florestas existentes nas nascentes dos rios que serão delimitadas em uma área compreendida pelo Paralelograma da Cobertura

Florestal, na qual são vedadas as derrubadas de árvores e qualquer forma de desmatamento. Esta lei ressalta ainda, no art 2, § 1º, que *“na hipótese em que, antes da vigência desta Lei, tenha havido derrubada de árvores e desmatamento na área integrada no Paralelograma de Cobertura Florestal, deverá ser imediatamente efetuado o reflorestamento, com espécies vegetais nativas da região”* (Brasil, 2002f).

Não são apenas as áreas de preservação permanente relacionadas aos corpos d'água que asseguram a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica. Deve-se atentar também, em relação à proteção das áreas de recarga, de modo a assegurar uma maior quantidade de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, um maior abastecimento de água pelos lençóis. Tais áreas estão, em alguns casos, incluídas no Artigo 2º do Código Florestal/65 que considera como área de preservação permanente, *“as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas: a) no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base; b) nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros; c) em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive”* (Brasil, 2002e e Brasil, 2002a).

2.3 Funções protetoras das florestas na conservação dos recursos hídricos

A cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia do solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis, diminuindo o processo de escoamento superficial e contribuindo para o processo de escoamento subsuperficial, influências estas que conduzem à diminuição do processo erosivo (Lima, 1986a). O autor afirma, ainda, que em

condições de cobertura florestal natural não perturbada a taxa de infiltração é normalmente mantida no seu máximo.

Arend (1942), citado por Lima & Zakia (1998), avaliou quatro níveis de cobertura do solo: piso florestal intacto, piso removido mecanicamente, piso queimado anualmente e pastagem degradada nos quais obtiveram-se as infiltrações médias de 59,9; 49,3; 40,1 e 24,1 mm/h, respectivamente. Com estes resultados, foi possível perceber os efeitos do piso florestal sobre a infiltração da água no solo.

Em áreas compactadas, seja pelo preparo excessivo do solo, uso de máquinas pesadas, pé de arado ou micropulverização das partículas do solo, ou mesmo pelo pisoteio de animais, a infiltração é bem menor que em áreas florestais adjacentes. A infiltração da água no solo é bem maior em povoamentos florestais mais densos do que naqueles de menor densidade e ainda maior em povoamentos mais velhos (AMBICENTER, 2001).

Esta maior capacidade de infiltração dos solos é proporcionada pelo fato da cobertura vegetal adicionar matéria orgânica que se decompõe sobre o solo, proporcionando condições mais favoráveis às atividades biológicas. Tais atividades causam efeito benéfico na melhoria da estrutura do solo, afetando sua habilidade para transmitir o fluido, ou seja, aumentam a sua capacidade de infiltração e retenção de água (Fialho, 1985), além de aliviar o impacto das gotas de chuva sobre a superfície.

Lima (1986b), afirma que de todos os efeitos sobre a infiltração resultantes da presença da floresta, o piso florestal (serrapilheira) constitui-se em uma das condições principais para a manutenção das condições ótimas para o processo de infiltração. O mesmo autor ressalta ainda outras vantagens, além das citadas por Fialho (1985). Por exemplo, que o piso florestal se constitui em obstáculo à formação de enxurrada, contribuindo desta forma para o aumento da

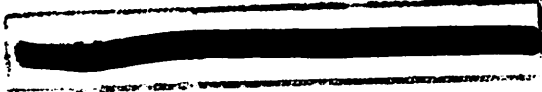
retenção temporária da água na superfície, o que resulta num período maior para ocorrência da infiltração.

A água que penetra no solo vai abastecendo a planta e o restante chega até o subsolo formando o lençol freático que abastece os mananciais e mantém o nível dos rios (Castro, 2001). Por este motivo, as florestas podem ser consideradas como fontes importantes para o suprimento de água para os aquíferos (AMBICENTER, 2001).

Zon (1927), citado por Lima (1986b), afirma que *“de todas as influências diretas da floresta, a sua influência sobre os rios e sobre a regularidade de seus escoamentos é das mais importantes para a economia humana”*.

Também deve-se ressaltar a importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor de nascentes, lagos e reservatórios, que fundamenta-se no amplo espectro de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos (Botelho & Davide, 2002; Durigan & Silveira, 1999).

Estas áreas intimamente ligadas ao curso d'água têm sido chamadas de “zonas ripárias”. Seus limites não são facilmente demarcados, podendo variar bastante ao longo da microbacia e, principalmente, entre diferentes microbacias, em consequência da alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial da vegetação que ocupa esta zona (mata ciliar). Esta variação ocorre ao longo do curso d'água, refletindo variações de microssítios resultantes da dinâmica dos processos fluviomórficos, que por sua vez resultam em trechos característicos de deposição de sedimentos, assim como trechos característicos de erosão fluvial. Lateralmente, as condições de saturação do solo diminuem à medida que se distancia do canal, o que deve também influenciar a composição das espécies (Lima & Zakia, 2000).



As matas ocorrentes ao longo de cursos d'água e no entorno de nascentes ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, apresentando fisionomias vegetacionais condicionadas por uma interação complexa de fatores ambientais - tidos como definidores da paisagem - que compreendem as características hidrográficas, geológicas, e climáticas (Montovani, 1989; Oliveira-Filho, 1994; Rodrigues, 2000 e Lima & Zakia, 2000).

Como principais fatores hidrológicos, Montovani (1989) e Oliveira-Filho (1994) destacam o volume de água superficial, a profundidade do lençol freático, o acúmulo de vapor d'água e o fluxo de água (solapamento e deposição); como geológico, consideram a natureza da rocha matriz, a composição física, química e biológica do solo e a natureza dos aluviões; e, como topográficos, a altitude, a inclinação do relevo e ângulo de abertura dos vales.

Bourgeron (1983), citado por Oliveira Filho (1994), considera a topografia como o fator abiótico mais importante entre os que causam variações na estrutura das comunidades florestais numa escala local. Isto porque basicamente, está correlacionada com outras variáveis ambientais – propriedades físicas e químicas dos solos e o regime de águas subterrâneas ou de inundação.

Rodrigues (2000) propõe que o termo “formação ribeirinha com influência fluvial permanente” seja utilizado para designar as formações ribeirinhas cujas características vegetacionais, apesar de estarem claramente relacionadas com a região fitoecológica, apresentam particularidades em funções de estarem sobre solo permanentemente encharcado, com água superficial geralmente em movimento. Esse tipo vegetacional tem ocorrência típica nas grandes planícies de inundação ou sobre nascentes ou olhos d'água.

A localização da mata ciliar, junto aos corpos d'água, faz com que ela desempenhe uma série de processos importantes que permitem manter a integridade e estabilidade da microbacia hidrográfica (Lima & Zakia, 2000 e

Lima & Zakia, 2001), refletindo também na qualidade de vida de toda a população sob influência dessa microbacia (Davide et al., 2000).

Suas principais funções hidrológicas consistem em: a) promover a estabilização das ribanceiras dos cursos d'água pelo desenvolvimento de um emaranhado sistema radicular nas margens, reduzindo as perdas de solo e assoreamento dos mananciais (Brocki et al., 2000; Davide & Botelho, 1999; Fernandes, 1999 e Melo, 1991); b) absorver e interceptar a radiação solar, contribuindo para estabilização térmica dos pequenos cursos d'água (Lima & Zakia, 2000; Davide & Botelho, 1999; Lima, 1989 e Lima & Zakia, 2001); c) abastecer continuamente o rio com material orgânico (folhas, galhos, frutos, sementes e troncos), criando microhabitats favoráveis para refúgio de peixes e sustentação para a fixação de protozoários sésseis, algas e pequenos invertebrados (Barrella et al., 2000); d) assegurar a perenidade das nascentes, uma vez que contribui na recarga de água no subsolo (Ferreira et al., 2000); e) regular o volume de água nos rios em função da excelente cobertura protetora à superfície do solo, permitindo, dessa forma, o bom funcionamento do processo de infiltração, em detrimento dos processos de escoamento superficial e de erosão (Lima, 1986a); essa regulação é possível pelo fato da água retida pela floresta ser liberada lentamente (AMBICENTER, 2001); f) funcionar como tampão e filtro na proteção dos impactos ambientais ocasionados pelo transporte de defensivos, corretivos e fertilizantes que são conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno (Botelho & Davide, 2002; Malavasi et al., 2000; Lourence et al., 1984 e Delitti 1989) e, conseqüentemente g) manter ou até mesmo melhorar a qualidade da água nas nascentes, rios, lagos e reservatórios (Lima & Zakia, 2000; Davide & Botelho, 1999; Lima, 1989 e Lima & Zakia, 2001), uma vez que as matas ciliares atuam absorvendo, retardando ou purificando o escoamento antes que ele atinja os rios (Oliveira Filho et al., 1994).

Jacobs & Gilliam (1985), ao compararem bacias hidrográficas com e sem vegetação ripária, concluíram que as faixas de vegetação florestal ripária são importantes para manter a qualidade da água dos rios em bacias intensivamente cultivadas.

Simões (2001) mostra que a ação da zona tampão ripária corresponde a uma verdadeira filtração, tanto do escoamento superficial (*run off surface*) como do escoamento subsuperficial (retém nutrientes). Quando o escoamento superficial passa de uma área cultivada ou de uma pastagem para a zona ripária, ocorre uma diminuição na velocidade do fluxo pela rugosidade superficial maior e resistência da vegetação, reduzindo desse modo a capacidade de transporte de sedimentos. Já o transporte de nutrientes em solução ocorre quando o escoamento se dá de forma subsuperficial, sendo retidos, por absorção, pelo sistema radicular da vegetação ripária.

Botelho & Davide (2002) salientam que apenas a recomposição da mata ciliar não é suficiente para recuperar a capacidade de “produção” de água de uma bacia hidrográfica. É de fundamental importância, para a recarga do lençol freático, a proteção das zonas de recarga acima das nascentes, por meio do uso da terra de acordo com a sua capacidade e existência de matas de topos de morro.

2.4 Principais causas da degradação das nascentes

Dos vários fatores que contribuem para a degradação das nascentes, destacam-se: desmatamento, erosão dos solos causada por atividades incorretas de uso da terra, atividades agropecuárias, reflorestamentos mal manejados e contaminação dos mananciais.

2.4.1 Desmatamento

O corte da floresta pode produzir efeitos deletérios aos recursos hídricos, principalmente em termos da qualidade da água, resultante da aceleração do processo de erosão e de sedimentação (Lima, 1986b).

A ausência da cobertura florestal aumenta o impacto das gotas de chuvas, promovendo a compactação da camada superficial (Brady, 1968). Esta compactação, além de provocar alterações nas propriedades físicas do solo, desencadeia uma série de danos, tais como alteração na capacidade de infiltração e redistribuição de água no solo (Dias Júnior, 2000) e aumento do escoamento superficial em volume e velocidade favorecendo a lixiviação e a erosão dos solos, implicando na perda de nutrientes, no aumento de sedimentos em suspensão, no aumento da turbidez, na contaminação química proveniente das aplicações na agricultura e assoreamento dos cursos d'água (Mendes & Zotteli, 2000), podendo resultar na eutrofização de rios e reservatórios (AMBICENTER, 2001).

Em regiões íngremes, a drenagem limita o armazenamento da água subterrânea. A presença da cobertura florestal irá proporcionar uma maior infiltração de água no solo, o que por sua vez irá resultar num maior abastecimento do lençol freático (Serra, 1993).

Segundo Costa (1978), a vegetação de mata oferece mais proteção ao solo do que a pastagem. Tanto que, em seu trabalho sobre degradação de pastagens, sugeriu a proteção dos topos de montanhas pela manutenção da vegetação de mata ou pelo plantio de espécies arbóreas e arbustivas ou herbáceas, com vedação da área a fim de impedir a entrada de animais para minimizar os efeitos da erosão. Para ilustrar este fato, na Tabela 1 encontram-se dados dos trabalhos realizados por Bertoni (1965), relatados por Costa (1978) e dos pesquisadores da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo

TABELA 1 Efeito do tipo de uso da terra sobre as perdas por erosão e de chuva anual

Tipo de uso da terra	Perdas (1)		Perdas (2)		Tempo gasto em anos para desgastes de uma camada de solo de 15 cm de profundidade ¹
	Solo (t/ha)	Água em % sobre a chuva anual	Solo (t/ha)	Água em % sobre a chuva anual	
Mata	0,004	0,7	0,01	0,9	440.000
Pastagem	0,4	0,7	2,5	1,4	4.000
Cafezal	0,9	1,1	5,0	1,8	2.000
Algodão	26,6	7,2	90,0	6,0	70

FONTE: 1- Médias anuais ponderadas para três tipos de solo (arenoso, massapé e roxo) (Bertoni (1965) citado por Costa (1978).

2- Médias anuais encontradas pelos Pesquisadores da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônômico (SCS / IA / SP) citado por Corrêa (s/d).

(SCS / IA / SP), em que pode-se observar a importância da manutenção das matas.

Fernandes (1977) considera que o ritmo acelerado de erosão nas montanhas do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, pode ser explicado pela ausência de vegetação protetora mais resistente (árvores ou arbustos), nos cumes das montanhas e início do declive.

2.4.2 Erosão dos solos

Dentre os impactos gerados pelas atividades agrícolas, considera-se a erosão do solo como um dos mais sérios problemas de manejo da terra (Campos et al., 2000). Anualmente, cerca de 6 milhões de hectares de solos produtivos tornam-se comprometidos por processos erosivos oriundos de atividades agropecuárias ecologicamente incorretas (Caputi, 1997).

A substituição da cobertura vegetal natural nas regiões de fronteiras agrícolas, a adoção de mecanização intensiva, o uso de corretivos, fertilizantes e outras práticas modernas de cultivo têm propiciado alterações nas propriedades

morfológicas, físicas, químicas e biológicas do solo o que, de modo geral, favorece o processo erosivo (Fernandes, 1982).

Diretamente, as perdas de solo pela erosão hídrica resultam em: perda de nutrientes e profundidade de enraizamento do solo necessários ao desenvolvimento das culturas, proporcionando redução da qualidade e produtividade; dificuldade de trabalhar, pois, quando a camada superficial é perdida, torna-se necessário penetrar na camada de subsolo; redução de água disponível para as plantas, em consequência da redução da capacidade de infiltração (PBH do Rio Leça, 2001).

Indiretamente, a erosão hídrica causa assoreamento dos corpos d'água, ocasionando danos a hidrovias, aos sistemas de irrigação e à capacidade de armazenamento dos reservatórios; enchentes; redução da qualidade da água e aumento dos custos do tratamento da água pelos municípios (Cerri, 1998 e Bahia et al., 1992).

Dechen et al. (1994) ressaltam que o teor de matéria orgânica é a fração perdida em maior quantidade, sendo o principal fator na degradação da estrutura do solo, acarretando maior erodibilidade e susceptibilidade ao escoamento superficial, reduzindo a capacidade de infiltração e armazenamento de água.

Os subsolos, na sua maioria, têm baixo teor de matéria orgânica (eficiente na retenção de água) e são menos permeáveis quando comparados com a camada superior. Desse modo, a erosão superficial dos solos é um fator que interfere prejudicialmente na recarga dos lençóis (PBH do Rio Leça, 2001).

2.4.2.1 Preparo e manejo do solo

O manejo intensivo dos solos seja por arações profundas ou por sucessivas gradagens, realizadas com máquinas pesadas, têm como resultado, na grande maioria dos casos, a degradação da estrutura física e a compactação dos solos. Ao mesmo tempo, a opção pela fertilização química e a redução da

fertilização orgânica também “prejudicam” a estrutura física dos solos. A freqüente ausência de "camalhões" em terrenos declivosos e a manutenção dos solos "limpos" ou descobertos no preparo do solo para o plantio complementam os fatores que favorecem os processos erosivos, principalmente nos trópicos, onde as chuvas são mais intensas (Primavesi, 1983).

A compactação do solo é uma das razões pelas quais áreas cultivadas apresentam menor infiltração do que áreas adjacentes florestais (Lima, 1986b).

Segundo Kondo (1998), solos sob condição de cultura anual na camada superficial de 0-3 cm são mais susceptíveis à compactação do que aqueles sob mata natural e pastagem devido à sua menor capacidade de suporte de carga para uma mesma faixa de umidade. Lima (1986b) reforça este enfoque salientando que, embora um solo possa apresentar excelentes condições internas de transmissão e de armazenamento de água, as condições da superfície podem reduzir a taxa de infiltração.

Ainda, comparando as áreas com culturas agrícolas e pastagem, Parise (1999) afirma que as cabeceiras das redes de drenagem, que apresentam claras limitações de solo ou topografia, cobertas por pastagem são mais bem protegidas que por plantio de culturas agrícolas. Esta afirmação pode ser justificada observando os dados de perdas de solos sob diferentes usos elucidados na Tabela 1.

Bertoni & Lombardi Neto (1985) e Bertoni et al. (1986), objetivando determinar o efeito das diversas práticas conservacionistas na produção de várias culturas, realizaram ensaios no SCS/IAC/SP e obtiveram os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Alguns solos são mais suscetíveis à erosão do que outros, mesmo quando a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo são as mesmas. Estas diferenças, devido às propriedades do próprio solo, afetam a

velocidade de infiltração da água, a permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

TABELA 2 Perda de solo pelos diferentes tratos culturais

Tratos culturais	Perda de solo (t/ha/ano)
Palha queimada	20,2
Palha enterrada + adubo verde plantado	15,9
Palha enterrada	13,8
Palha na superfície + adubo verde plantado	6,5
Palha enterrada + esterco	4,2

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1985).

TABELA 3 Perda de solo pelas diferentes práticas conservacionistas em culturas anuais

Práticas conservacionistas em culturas anuais	Perda de solo por erosão (t/ha/ano)
Plantio morro abaixo	26,1
Plantio em contorno	13,2
Plantio em contorno e alternância de capina	9,8
Plantio com cordões de cana	2,5

FONTE: Bertoni et al. (1986).

2.4.2.2 Superpastejo

A caminhada do gado de forma repetitiva e intensiva promove a compactação do solo em uma camada variável entre 7 e 15 cm. Este impacto pelas patas do gado reduz a macroporosidade do solo, dificultando a infiltração da água da chuva no terreno e, conseqüentemente, tornando o solo mais susceptível a processos erosivos (Costa, 1978).

Costa (1978) afirma que, em solos cobertos por pastagens, os tipos de erosão hídrica mais comuns são erosão laminar severa e erosão em sulcos. A erosão em sulcos, principalmente no estado de Minas Gerais, devido ao seu

relevo declivoso, é provocada pela localização inadequada de cercas, cochos e bebedouros, forçando os animais a seguirem continuamente pelos mesmos caminhos, no sentido do declive, causando o pisoteio excessivo da vegetação e do solo, levando à sua degradação.

Fernandes (1977) cita, ainda, a erosão em voçorocas, que ocorrem em áreas de pastagens declivosas dos vales do Rio Doce, em Minas Gerais.

Rauzi (1963), citado por Costa (1978), conclui, em seu trabalho, que a infiltração da água da chuva é proporcional à cobertura vegetal e inversamente proporcional à intensidade de pastejo (Tabela 4).

Larocca (1992), visando estudar a regeneração natural em um capão nativo alterado pelo pastoreio, realizou o cercamento da área do capão. Em apenas 1,5 ano de proteção da área, foram verificadas diferenças consideráveis. O solo voltou a ter uma cobertura vegetal contínua, as mudas de árvores voltaram a ser numerosas e começou a ocorrer presença de outras espécies (pertencentes a todos os estratos) que já haviam sido observados em outros capões da região.

Lotações animais muito altas levam à superutilização da forragem disponível na pastagem, causando rebaixamento excessivo da vegetação, o que leva o solo a ficar descoberto e sem proteção contra a ação erosiva das chuvas e dos ventos (Costa, 1978).

TABELA 4 Produção de forragens, resíduos vegetais e infiltração sob diferentes intensidades de pastejo.

Intensidade de pastejo	Produção de forragem (kg/ha)	Produção de resíduos vegetais (kg/ha)	Infiltração no período de 1 hora (cm/h)
Pastejo pesado	815	383	3,76
Pastejo moderado	1764	2009	6,10
Sem pastejo	2470	4653	10,85

FONTE: Rauzi (1963) citado por Costa (1978).

2.4.2.3 Queimadas

A descoberta da queima como forma de manejo surgiu com a necessidade do homem primitivo de renovar suas pastagens, a fim de aumentar a produção de forragem e melhorar sua palatabilidade para seus rebanhos e limpar o terreno para facilitar o plantio. A prática da queima geralmente é realizada no início do período chuvoso, sendo bastante comum em muitas regiões tropicais e subtropicais. Esta prática tem como principais características a redução, eliminação ou controle da rebrota da cobertura vegetal indesejável, com baixo custo e rapidez (Santos et al., 1992a).

Muitos produtores rurais ainda fazem o uso da queima de pastagens, destruindo toda cobertura vegetal do solo, deixando-o desprotegido por determinado período até que haja a rebrota das plantas (Costa, 1978).

A prática das queimadas em áreas agrícolas é utilizada com o intuito de eliminar os restos culturais para facilitar o trabalho nas operações de preparo do solo (evitando o embuchamento dos implementos), colheita (Santos et al., 1992a), e controle de pragas, doenças e ervas daninhas (Lombardi Neto; Bertoni, 1974, citados por Santos et al., 1992b).

Esta camada superficial do solo sem proteção pode sofrer uma forte compactação pelas gotas da chuva, favorecendo o escoamento superficial e conseqüentemente, as perdas de solo pela erosão. Esta camada compactada, além de reduzir a velocidade e intensidade da infiltração de água, dificulta a emergência e o estabelecimento de novas plantas que seriam responsáveis pela atenuação da erosão e infiltração da água no solo (Santos et al., 1992b).

Poggiani et al. (1983), em pesquisa realizada em plantio de eucalipto em Minas Gerais, observaram a perda de cálcio, magnésio e potássio acumulados na camada superficial do solo logo após a queimada. Esta perda ocorreu em poucos meses por causa da lixiviação e da erosão superficial. Os mesmos autores

também observaram um decréscimo na velocidade de infiltração de água no solo, provocado pelo fogo.

2.4.3 Contaminação dos mananciais

A degradação da qualidade dos recursos hídricos vem ocorrendo há vários anos, mas somente nas últimas décadas a sua intensidade vem sendo considerada.

Esta degradação pode ser proveniente de causas naturais (erupções vulcânicas, chuvas, etc.) ou por atividades humanas potencialmente mais graves (poluentes químicos, físicos e biológicos) que podem ter suas fontes caracterizadas topograficamente como focais ou difusas (Barroso & Silva, 1992).

Os efluentes industriais e domésticos são considerados fontes de poluição pontuais e as poluições geradas por atividades urbanas e rurais são consideradas de origem difusa (Simões, 2001). A poluição das águas é predominantemente indireta, resultante de fontes difusas ocasionadas pelo mal planejamento do uso da terra. Os problemas mais comuns são sedimentos e nutrientes levados pelo escoamento das áreas agrícolas, mineração, construção civil e outras atividades (Simões, 2001 e Barroso & Silva, 1992). Devido ao seu caráter sazonal e por atingir extensas áreas, a poluição difusa envolve toda a bacia de drenagem (Simões, 2001).

Existe uma estreita relação entre erosão e poluição, que pode ser nitidamente observada pelos efeitos poluidores da erosão, tais como: produção de sedimentos e arraste de pesticidas e fertilizantes químicos (Barroso & Silva, 1992), diminuindo gradativamente a concentração de oxigênio dissolvido na água dos rios (AMBICENTER, 2001).

Com a substituição da cobertura florestal da bacia por gramíneas e culturas agrícolas, ocorre um aumento linear das concentrações de nutrientes no deflúvio (Zakia, 1998).

O contato de pesticidas de alto potencial de contaminação ambiental com o solo e a água pode desencadear vários processos como a adsorção pelo solo, degradação biótica e abiótica, volatilização, dentre outros. Quando o pesticida entra no ciclo hidrológico da sub-bacia, pode ser lixiviado ou arrastado pelas enxurradas, juntamente com os sedimentos dos solos, contaminando águas subsuperficiais e superficiais (Guilherme et al., 2000 e Curi et al., 1992).

Trabalhando com movimento e degradação de inseticidas em solos localizados no terço superior de encostas no sul de Minas Gerais, Piffer (1989), citado por Curi et al. (1992), concluiu que não seria esperada a contaminação da água do lençol freático nas dosagens normalmente recomendadas, sendo fundamental a posição do solo na paisagem. Ressalta ainda que a aplicação de defensivos agrícolas tem maior potencial de poluição do ambiente em solos situados no terço inferior de encostas e nas várzeas, quando comparados com aqueles situados em cotas mais elevadas.

Apesar de não constituírem importante fator de poluição dos solos, quando empregados dentro das normas que regem a boa prática agrícola, os fertilizantes poderão se alojar em cursos d'água por meio da erosão em terras cultivadas ou mesmo nas partes mais baixas da área, causando excesso nessas faixas (Barroso & Silva, 1992).

A utilização de fertilizantes nitrogenados e fosforados em solos permeáveis e aquíferos livres leva a incrementos consideráveis de nitrato, nitrito e amônio nos aquíferos. Isto deve-se ao fato da quantidade de fertilizantes aplicada ser superior à quantidade necessária para o desenvolvimento das plantas (AMBICENTER, 2001).

2.4.4 Reflorestamento mal manejado

Os possíveis efeitos da floresta sobre o rebaixamento do lençol freático dependem basicamente da espécie florestal, da sua densidade de plantio, da forma do seu sistema radicular, dos tratos e métodos silviculturais aplicados e da colheita da mesma (Refosco & Pinheiro, 1992; AMBICENTER, 2001).

Segundo Castro (2001), o reflorestamento mal planejado reduz o volume de água das nascentes quando: a) a evapotranspiração for maior do que a precipitação anual, com evidências em alguns meses na estação seca; b) em solos profundos, a intensa regeneração das árvores pode provocar efeitos significativos na interceptação da chuva pelas copas e na absorção de água pelas raízes, impedindo maior disponibilidade para a percolação profunda e c) as espécies freatófitas (lenhosas e herbáceas) extraírem água do lençol e da franja capilar em grande quantidade.

As plantas freatófitas caracterizam-se por estenderem suas raízes abaixo do nível freático, retirando com eficiência seus requerimentos por água diretamente da zona saturada (Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental, 1996). Em períodos chuvosos, essas plantas desempenham o papel desejado, que é o de propiciar maior taxa de infiltração de água no solo. Porém, na época da seca, as raízes dessas árvores, estando em contato com o lençol freático, absorvem boa parte da água, lançando-a em seguida na atmosfera, na forma de vapor pelo processo de transpiração (Castro, 2001).

Castro et al. (2000) atribuíram à evapotranspiração da vegetação freatófita (taboa e mariazinha) um dos fenômenos responsáveis da diminuição da vazão mínima das nascentes do Ribeirão São Bartolomeu durante o período diurno na estação seca. Com o restabelecimento do período noturno, a vazão voltava aos valores mínimos normais. Visando à diminuição da evapotranspiração das freatófitas e ao aumento da vazão mínima das nascentes, foi realizada a bateção de pasto e erradicação da vegetação lenhosa na linha de

drenagem, seguida pela desobstrução do leito do canal e conseqüente traçado do sistema de drenagem no formato de “espinha de peixe”. Tais procedimentos atribuíram um ganho médio na vazão mínima da ordem de 40%, por um período de até 12 dias após ter sido efetuado o corte. Os autores salientam ainda que a retirada da vegetação freatófita só tem sentido se for realizada na estação seca e que de nada adianta atuar nas partes mais baixas da bacia, se as encostas ficarem desprotegidas e fáceis à erosão. Assim, recomendam também a adoção de práticas de conservação de solo ao longo das encostas de considerável extensão de escoamento superficial.

Após o controle do excesso da vegetação freatófita e do melhoramento das pastagens foi possível observar um aumento das nascentes e volume dos rios em um rancho no Texas (FAO, 1993). Outros estudos nos Estados Unidos mostraram que, após a remoção da vegetação, ocorreu um aumento imediato na vazão das nascentes; mas também observaram que estes aumentos foram passageiros, ou seja, as nascentes rapidamente voltavam ao regime anterior ao corte (AMBICENTER, 2001).

O ocorrido permite afirmar que não é somente a presença ou ausência da floresta que é a responsável pelas alterações das nascentes, mas sim uma série de outros fatores que estão envolvidos na origem e na dinâmica de uma determinada nascente.

A presença da vegetação ripária em regiões semi-áridas onde o recurso água é limitante pode resultar num consumo de água competitivo por ter seu sistema radicular em contínuo contato com a franja capilar do lençol freático (Gay, 1985 citado por Lima, 1989). No entanto, o corte da vegetação ripária visando a economia de água é considerado por Ritzi et al. (1985), citados por Lima (1989), um método destrutivo, que elimina o problema de consumo de água, mas cria outros problemas hidrológicos, pois a mata ciliar situa-se na parte mais sensível da bacia hidrográfica.

2.5 Sistema de informações geográficas (SIG) aplicados em estudos de bacias e sub-bacias hidrográficas

O geoprocessamento é uma ciência que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. As primeiras tentativas de automatizar o processamento de dados com características espaciais aconteceram nos anos de 1950, tendo grande impulso a partir da década de 80 do século XX com os avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação dos centros de pesquisa que formam o National Centre for Geographical Information and Analysis (NCGIA) marca o estabelecimento do geoprocessamento como disciplina científica independente (Câmara & Davis, 2002).

Os softwares usados para o geoprocessamento são normalmente os SIGs (sistemas de informações geográficas), os quais permitem a sobreposição de diferentes mapas temáticos e uma gama de cálculos que são bastante imprecisos quando se utilizam outros métodos (Piroli, 2002).

Um SIG é constituído por um conjunto de “ferramentas” especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e operar dados georreferenciados para obtenção de novas informações. Essas informações podem ser obtidas por meio de operações analíticas, sobreposição e cruzamento de dados e vêm tendo grande crescimento e aplicabilidade nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (Câmara & Davis, 2002).

Sua grande importância para estudos ambientais refere-se à possibilidade de manipular os dados de forma interativa, antecipando os possíveis resultados para a tomada de decisões e o planejamento, antes de serem cometidos erros irreversíveis na paisagem (Burrough, 1986).

Pissarra et al. (2000), com o objetivo de identificar os pontos de degradação das áreas de cabeceira da bacia hidrográfica do Córrego Rigo, Monte

Alto, SP, confeccionaram mapas geoindicadores, em um SIG, de comunidades vegetais naturais e agrícolas, aspectos da cobertura pedológica, relevo e rede de drenagem. Os resultados obtidos mostraram que nas áreas com cobertura vegetal agrícola ocorria com frequência erosão com sulcos profundos, afetando diretamente o estado de conservação da cabeceira da bacia. Tais resultados permitiram constatar que ocorria uma degradação na área das comunidades vegetais naturais da bacia hidrográfica e, sendo assim, recomendou-se a recomposição das matas ciliares e nascentes.

Moreira (1999) utilizou o SIG para identificar e quantificar as áreas de preservação permanentes e as áreas de uso legal da terra da sub-bacia do Córrego Paraíso visando ao manejo e monitoramento das mesmas. Dentre seus resultados, o autor verificou um aumento significativo do uso indevido da terra nas áreas que deveriam ser de preservação permanente entre os anos de 1963 (36,97%) e 1994 (61,35%). Estes dados temporais foram utilizados como subsídio para o planejamento do uso da terra da sub-bacia.

Toledo (2001) utilizou o SIG como uma ferramenta para análise da composição e configuração de paisagens em diversas épocas, com intuito de avaliar sua influência na composição química das águas superficiais dos riberões Piracicamirim e Cabras (SP). As principais diferenças observadas na composição biogeoquímica dos Ribeirões das Cabras e Piracicamirim foram associadas com o uso da terra das diferentes sub-bacias.

Parise (1999), utilizando o SIG para o estudo temporal do uso da terra, verificou que houve uma evolução da pastagem dos anos de 1962 e 1940, para cultivo agrícola nos anos de 1995 e 1978. Em seus resultados, afirmou que as cabeceiras da rede de drenagem eram mais protegidas em 1962 e 1940, quando havia predomínio de pastagens, do que no outro par de anos, quando havia predomínio de culturas agrícolas. O autor, durante a etapa de fotointerpretação para discriminar as diferentes classes de uso da terra pelos principais elementos

de reconhecimento de alvos, que consiste na avaliação da textura, porte, tonalidade, forma e elementos associados, encontrou dificuldades na demarcação das pastagens. O mesmo ocorreu com Toledo (2001) e na demarcação do café com Resende (2000).

Simões (2001) utilizou o SIG para a delimitação das zonas tampão ripárias localizadas na parte superior da Bacia do Rio Pardo, com o intuito de mostrar a viabilidade e limites práticos de sua restauração, além de identificar áreas consideradas críticas de poluição ambiental. O uso do SIG permitiu, ainda, a avaliação da eficiência das estratégias de manejo antes que elas fossem adotadas.

Pereira (1999), utilizando-se do SIG, propôs a realização do mapeamento e a análise descritiva dos fragmentos florestais remanescentes e demais usos da terra no município de Viçosa. Seu intuito era o de indicar quais as áreas preferenciais para interligar os fragmentos, por meio da implantação de culturas permanentes e de métodos de manejo da vegetação em diferentes estádios de sucessão. O autor concluiu que existia um grande potencial para a utilização de plantios de cultura permanente, como café e eucalipto, na recomposição da cobertura arbórea do município e que as áreas de preservação permanente referente às nascentes encontravam-se bastante perturbadas pela pastagem.

Cerri (1999) utilizou o SIG para mapear as áreas de risco de erosão dos solos da bacia do Rio Piracicaba e comparou a evolução do processo erosivo dos solos, entre o período de 1978 a 1993. A partir destes resultados, o autor verificou que a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos por intermédio da utilização de técnicas de geoprocessamento é uma metodologia adequada e pode ser considerada como uma ferramenta importante para o diagnóstico e monitoramento de áreas de risco de erosão. Ao realizar o

levantamento do uso da terra, verificou uma ocupação bastante expressiva da pastagem próxima às nascentes dos rios da bacia do Rio Piracicaba.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) mostrou ser de extrema utilidade no trabalho realizado por Ferreira et al. (2000). Estas técnicas possibilitaram a produção de mapas de oportunidade, do qual podem-se apontar áreas propícias a florestamentos e/ou reflorestamentos na microbacia do Arroio Lobato. Com estes resultados, os autores concluíram que as técnicas de sensoriamento remoto e SIG contribuem para um melhor planejamento em microbacias hidrográficas.

O software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido a partir do SGI-SITIM/INPE, tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento. O SPRING é um SIG projetado não apenas para fazer mapas; embora ele possa criar mapas em diferentes escalas, em diferentes projeções e com diferentes cores, ele é, principalmente, uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões. O software SPRING pode trabalhar acoplado a diversos sistemas gerenciadores de banco de dados, atendendo aos seguintes objetivos: dar suporte a um banco de dados geográficos de grande porte, sem limitações ao recorte de projeções cartográficas, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco; aprimorar a integração de dados geográficos, com a introdução explícita do conceito de objetos geográficos (entidades individuais), de mapas cadastrais e mapas de redes; obter completa escalabilidade, isto é, operar com funcionalidade plena tanto em microcomputadores pessoais quanto em estações de trabalho UNIX de alto desempenho e dispor de uma interface que combine aplicações comandadas por menus e uma linguagem de consulta e manipulação espacial, denominada LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (SPRING, 2002).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. S.; DUARTE, A. J.; ARAÚJO, R. P. Projeto de recuperação de matas ciliares e nascentes da bacia do Rio dos Mangues. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. *Anais*. . . Rio de Janeiro, 2000. p. 575-576.

AMBICENTER: PORTAL DE INFORMAÇÃO E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Arquivos: Educação Ambiental: **A floresta e a água**. Publicado pela AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil, sem data. Disponível em: < <http://www.ambicenter.com.br/ea01052200.htm> >. Acesso em: 10 out. 2001.

BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N.; MARQUES, J. J. G. S. M. Fundamentos de erosão do solo: tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

BARRELLA, W.; PETRERE, J. R.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p. 187-207.

BARROSO, D. G.; SILVA, M. L. V. Poluição e conservação dos recursos naturais solo e água. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 17-24, 1992.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1985. 355 p.

BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1986. 57 p. (IAC. Circular, 20).

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. *Anais* . . . Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.

BRADY, B. **A natureza e propriedades dos solos**: compêndio universitário sobre edafologia. Revisto por Neyle C. Brady. Tradução de Antônio Neiva Figueiredo Filho. 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1968. 594 p.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução n. ° 303, de 20 de mar de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 07 set. 2002a.

BRASIL. Decreto-lei n. 24. 643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <<http://www.aquiferoguarani.hpg.com.br/codaguas.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2002b.

BRASIL. Decreto-lei n. 50. 877, de 29 de junho de 1961. Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país e dá outras providências. Disponível em: <http://www.universoverde.com.br/Legislacao/Federal/Agua/lfaguadec5087761p oluicao.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002c.

BRASIL. Decreto-lei n. 852, de 11 de novembro de 1938. Mantém, com modificações, o decreto n° 24. 643, de 10 julho de 1934, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/dec852.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002d.

BRASIL. Lei n. 4. 771, 15 set. 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L4771.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002e.

BRASIL. Lei n. 7. 754, 14 abr 1989. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.juristaonline.com.br/legislacao/leis/L7754.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002f.

BRASIL. Lei n. 9. 433, 08 jan. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1° da Lei n° 8. 001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7. 990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.serla.rj.gov.br/outorga/pdf/Lei%20da%20aguas%209433.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2002g.

BRASIL. Medida provisória n.º 2.080-60, de 22 de fevereiro de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas_2001/2080-60.htm>.

Acesso em: 07 set. 2002h.

BROCKI, E.; FERREIRA, R. G.; NODA, S. N.; CASARA, H. N.; BARROSO, J. L. J.; LIMA, A. B. Manejo de recursos naturais e composição de matas ciliares por uma população ribeirinha do Amazonas a partir do conhecimento tradicional. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2000. p. 332-334.

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press, 1986. 194 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Capítulo 1: Apresentação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Disponível em:

<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 16 jun. 2002.

CAMPOS, J. C.; LANDGRAF, P. R. C.; MONTEIRO, J. V. P. A. Avaliação do desenvolvimento de espécies florestais da família das leguminosas em reflorestamento ciliar do reservatório de Furnas. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2000. p. 28-39.

CAPUTI, J. Manejo e conservação do solo e da água em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1997. p. 273-288.

CÁSTRO, P. S. *Recuperação e conservação de nascentes*. CPT, 2001. 84 p. (Série Saneamento e meio ambiente ; n. 26).

CASTRO, P. S.; GOMES, M. A.; ROMANOVSKI, Z. Manejo de vegetação freatofita para aumento da produção de água das nascentes. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2000. p. 334-335.

CERRI, C. E. P. **Mapeamento das áreas de risco de erosão dos solos do Rio Piracicaba, utilizando geoprocessamento.** 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CERRI, E. E. P.; BALLESTER, M. V. R.; MARTINELLI, L. A.; VETORAZZI, C. A. Mapas de risco à erosão do solo na bacia do Rio Piracicaba, utilizando técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais.** . . Santos: Trace Disk Multimídia, 1998. 1 CD-ROM

COSTA, B. M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. **Anais** . . . Piracicaba, 1978. p. 5-27.

CORRÊA, A. **Prejuízos com as Perdas de Solo nas Áreas Agrícolas, s/d.** Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/planets/coluna14/coluna14.html>>. Acesso em: 15 set. 2001


CURI, N.; CARMO, D. W.; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, 1992. p. 5-16.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: ciência e tecnologia, 1999, Belo Horizonte, MG. **Anais.** . . . p. 172-188.

DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. Restauração de matas ciliares. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 65-74, nov./dez. 2000.

DECHEN, S. C. F.; LOMBARDI NETO, L.; VIEIRA, S. R.; CATARELLA, H.; GALHO, P. B.; MARIA, I. C. A indução de perdas por erosão e a produtividade do solo: pesquisa com solo artificialmente degradado. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu, PR. **Anais.** . . Foz do Iguaçu, 1994. p. 642.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargill, 1989. p. 88-98.



DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, 2000. p. 55-94

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 135-144, dez. 1999.

FERNANDES, M. R. **Alterações das propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo**. 1982. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

FERNANDES, M. R. **A erosão nas áreas de pastagens do Vale do Rio Doce**. In: SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO VALE DO RIO DOCE, 1., 1977. 15 p.

FERNANDES, M. R. Vegetação ciliar no contexto de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1999, Belo Horizonte, MG. **Anais. . . .** Belo Horizonte, 1999. p. 217-233.

FERREIRA, S. Z.; GONTAN, J. E. N.; CASSOL, R.; PEREIRA FILHO, W. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas para identificação de áreas propícias a florestamento e/ou reflorestamento em sub-bacias hidrográficas: o caso do Arroio Lobato - RS. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Anais. . .** Rio de Janeiro, 2000. p. 243-244.

FIALHO, J. F. **Efeitos da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividades da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de Viçosa**. 1985. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Programa de las Naciones Unidas para el Mejoramiento del Ambiente y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Influencia del pastoreo y la vegetacion en los rendimientos del agua y en la erosion. Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe. Santiago, Chile, 1993. – Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X5320S/x5320s00.htm#Contents>>. Acesso em: 09 out. 2001.

GUILHERME, L. R. G.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; RIGITANO, R. L. O. Contaminação de sub-bacia hidrográfica pelo uso de pesticidas. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 40-50, 2000.

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

JACOBS, T. C.; GILLIAM, J. W. Headwater stream losses on nitrogen from two coastal plain watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 14, n. 4, p. 467-472, 1985.

LAROCCA, F. Estudo da regeneração de um capão nativo alterado pelo pastoreio. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata – RS. **Anais...** Nova Prata: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p. 250-255.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: Fundação Cargil, 1989. p. 25-42.

LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986a. p. 59-62.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986b. 242p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 53-64, abr. 1998.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. IPEF, Pesquisas Florestais. Piracicaba, sem data. Disponível em: <<http://www.ipef.br/pesquisa/hidrociliar.html>>. Acesso em: 15 jul. 2001.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia em matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p. 33-44.

LOURENCE, R.; FODD, R.; FAIL JÚNIOR, J.; HENDRICKSON JÚNIOR, O.; LEONARD, R.; ASMUSSEN, L. Riparian forest as nutrients filters in agricultural watersheds. *Bioscience*, Washington, v. 34, n. 6, p. 374-377, June 1984.

MALAVASI, V. C.; MALAVASI, M. M.; SOUZA, M. A. A. A vegetação ciliar na micro-região oeste do Paraná. CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2000. p. 435-436.

MELO, J. M. **Levantamento fitossociológico da mata ciliar do córrego Vilas Boas - Reserva Biológica do Poço Bonito - Lavras/MG.** Lavras: ESAL, 1991. 27 p. (Monografia – Curso de Engenharia Florestal)

MENDES, J. C. T.; ZOTTELI, M. J. O Papel das florestas na conservação dos recursos hídricos. *O Papel*, São Paulo, v. 61, n. 10, p. out. 2000.

MONTOVANI, W. **Conceituação e fatores condicionantes.** In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas - SP. *Anais...* Campinas: Fundação Cargil, 1989. p 11-19.

MORAES, L. C. S. **Código florestal comentado: com as alterações da lei de crimes ambientais.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 274 p.

MOREIRA, A. A. **Identificação de conflito no uso da Terra em uma microbacia hidrográfica.** 1999. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL. Norma Oficial Mexicana/ NOM-083-ECOL-1993. Publicada en el D. O. F. de fecha 25 de noviembre de 1996. Aclaración: 7 de marzo de 1997. Disponível em: <http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/res_pel/no_083a.htm>. Acesso em 01 out. 2001.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. *Cerne*, Lavras, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A. T. de; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Comparison of the woody flora and soil of six areas of montane semideciduous forest in southern Minas Gerais, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, Edinburgh, v. 51, n. 4, p. 524-558, Oct./Dec. 1994.

PARISE, F. J. de O. **Análise temporal do uso da terra em uma microbacia hidrográfica no município de Piracicaba, SP, por meio de técnicas de geoprocessamento.** 1999. 114 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PBH DO RIO LEÇA. 1ª Fase – Volume III – Análise. Subsistema Hidrológico. Rev. 1 -2000/02/15. Disponível em: < http://www.dra.pt/temas/pbh/cdrom/leca/1_fase/volIII/Le1_IIIa.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2001.

PEREIRA, R. de A. **Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no município de Viçosa, MG.** 1999. 203 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PIROLI, E. L. Geoprocessamento. Disponível em: <http://www.piroli.hpg.ig.com.br/Ciencia_e_Educacao/1/interna_hpg1.html> Acesso em: 4 ago. 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; NÓBREGA, A. M. F.; VALERI, S. V. Avaliação da cobertura vegetal natural e agrícola da cabeceira da bacia hidrográfica de córrego Rico, município de Monte Alto, SP. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 249-250.

POGGIANI, F.; RESENDE, G. C.; SUÍTER FILHO, W. Efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após corte raso e alterações nas propriedades do solo. IPEF, Piracicaba, n. 24, p. 33-42, ago. 1983.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1983.

REFOSCO, J. C.; PINHEIRO, A. Influência da floresta no regime hidrológico de uma sub-bacia do Rio Itajaí-Açú. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, pt. 3, p. 888-893, mar. 1992.

RESENDE, R. J. T. P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do sul de Minas Gerais por meio do SPRING.** 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RODRIGUES, R. R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p. 91-99.

SANTOS, D. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas em Cambissolo, com diferentes práticas de manejo, nos campos da Mantiqueira (MG). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Resumos. . .** Lavras: ESAL, 1992a . p. 45.

SANTOS, M. S. S.; BAHIA, V. G. Erosividade da chuva. **Informe agropecuário**, Belo horizonte, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992b.

SERRA, E. L. **Avaliação da degradação ambiental de três microbacias hidrográficas no município de Lavras, MG**. 1993 153 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Escola superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. 2001. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

SPRING, 2002. Disponível em:
<<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/introdu1/teoria1.htm>> Acesso em: 4 ago. 2002.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos Ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. 2001. 94 p. (Dissertação – Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma sub-bacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 98 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade Paulista, São Carlos SP.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DAS NASCENTES E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA CRUZ, LAVRAS, MG, UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

1 RESUMO

PINTO, Lilian Vilela Andrade. Estudo das nascentes e caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, utilizando geoprocessamento. Lavras: UFLA, 2003. 58p. (Dissertação – Mestrado em Manejo Ambiental)*

Os objetivos deste estudo foram (a) realizar a caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, (b) caracterizar as nascentes perenes e suas áreas de recarga, e (c) analisar o cumprimento da legislação ambiental nas áreas de preservação permanentes dos córregos, nascentes e encostas e nas áreas de recarga das nascentes perenes. Foram utilizadas cartas planialtimétricas, imagens de satélite, fotos aéreas verticais e levantamento de campo, os quais foram manipulados em um SIG por meio do programa SPRING. O banco de dados foi composto por mapas temáticos da rede de drenagem, declividade, solos, mata nativa, uso da terra, áreas de preservação permanente (APP), de uso conflitante e das áreas de recarga. As nascentes tiveram suas vazões mensuradas e foram classificadas quanto ao tipo de reservatório associado e ao estado de conservação da vegetação. Cerca de 50% da área da sub-bacia e das áreas de recarga das nascentes apresentaram declividade acima de 12%, apresentando áreas de relevo ondulado a montanhoso. Os tipos de solos predominantes na sub-bacia são os Latossolos e nas áreas de recarga das nascentes são os B texturais e Latossolos. A pastagem representou o uso predominante (62,41%), sendo responsável por 84,57% dos 11,04% de uso conflitante presente na sub-bacia e por 78,45% dos 9,3% de uso conflitante presente nas áreas de recarga das nascentes. A área total de preservação permanente (17,5%) junto com os 20% da área de reserva legal, totalizaram 37,5%. No entanto, a vegetação nativa ocupou apenas 25,74% da sub-bacia, havendo necessidade do florestamento em

* Comitê Orientador: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Orientadora), Elizabeth Ferreira - UFLA e Antonio Claudio Davide – UFLA (Co-orientadores).

11,76% da área. Foram localizadas 177 nascentes perenes, distribuídas em seis categorias: preservada pontual (10,17%), preservada difusa (4,52%), perturbada pontual (34,46%), perturbada difusa (25,99%), degradada pontual (8,46%) e degradada difusa (16,38%). As maiores áreas de recarga não mostraram correlação com as maiores vazões das nascentes. No entanto, as áreas de recarga que apresentaram as menores áreas com uso conflitante tiveram as maiores vazões.

Palavras-chave: nascente, sub-bacia, SIG, uso da terra, área de preservação permanente, área de recarga, uso conflitante da terra, vazão.

2 ABSTRACT

PINTO, Lilian Vilela Andrade. Study of the springs and physical characterization of the Santa Cruz Stream's sub-watershed, Lavras, MG, using geoprocessing. Lavras: UFLA, 2003. 58p. (Master Dissertation in Environmental Management).

The objectives of this study were: (a) to accomplish the physical characterization of the Santa Cruz Stream's sub-watershed, (b) to characterize the perennial springs and their recharging areas, and c) to analyze the accomplishment of the environmental legislation in the areas of permanent preservation of the streamlets, springs and hillsides and in the recharging areas of the perennial springs. Topographic maps, satellite images, aerial vertical photos and field surveys were used. The gathered data were processed in a GIS using SPRING. The data base was composed by thematic maps of the drainage network, slope, soil, native forest, land use, areas of permanent preservation (APP), of conflicted use and of the recharging areas. The springs had their flows measured and were classified according to the type of associated reservoir and to the state of conservation of the vegetation. About 50% of the sub-watershed area and of the springs recharging areas presented slope above 12%, with wavy to mountainous relief. The predominant types of soil in the sub-watershed were Latosol, whereas in the recharging areas were B-textural and Latosol. Pasture was the predominant land use (62,41%), representing 84.57% of the conflictive use occurring in the sub-watershed and 78.45% of the conflictive use in the recharging areas. The total area under conflictive use in the sub-watershed was 11.04% and in the recharging area was 9.3%. The total area of permanent preservation (17.5%) together with the 20% of the area of legal reserve totalized 37.5%. Yet, the native vegetation occupied only 25.74% of the sub-watershed, demanding reforestation of 11.75% of the area. There were 177 perennial springs located and distributed in 6 categories: punctual preserved (10.17%), diffuse preserved (4.52%), punctual disturbed (34.46%), diffuse disturbed (25.99%), punctual degraded (8.46%) and diffuse degraded (16.38%). The largest recharging areas did not show correlation with the highest flow values.

Adviser Committee: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Adviser), Elizabeth Ferreira – UFLA and Antônio Claudio Davide – UFLA (Co-Advisers).

Yet, the recharging areas that presented the smallest areas of conflictive use had the highest flow values.

Keywords: spring, sub-watershed, geoinformation processing, areas of permanent preservation, recharging area, riparian forest, floristic composition, recuperation, flow.

3 INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade de água das nascentes de uma sub-bacia podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se a declividade, o tipo de solo e o uso da terra, principalmente das áreas de recarga pois influenciam no armazenamento da água subterrânea e no regime da nascente e dos cursos d'água. Assim, a caracterização do meio físico da sub-bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água.

O conhecimento das classes de declividade da sub-bacia é importante porque visa atender à legislação específica para o ordenamento do uso da terra (Rostagno, 1999). Além disso, a declividade tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, etc (Lima, 1986).

De acordo com Guimarães (2000), o mapeamento dos solos faz-se obrigatório em um estudo ambiental, à medida que tal estudo requer o conhecimento da dinâmica natural de evolução do meio ambiente e de seu potencial de utilização.

O uso da terra exerce significativa influência sobre a infiltração do solo e esta pode ser modificada pelo homem por intermédio de seus programas de manejo (Lima, 1986). Assim, o levantamento do uso da terra em uma dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, sendo de grande importância na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente (Rosa, 1980, citado por Toledo, 2001). As constantes mudanças no uso e cobertura do solo provocam significativas alterações no balanço de água, com reflexos nas camadas superficiais e sub-superficiais, ocorrendo erosão, transporte de

sedimentos e elementos químicos bioativos (carbono, nitrogênio e fósforo), causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água (Bolin e Cooh, 1983, citados por Toledo, 2001).

O estudo do uso inadequado das terras é de grande importância, pois boa parte das propriedades rurais apresenta algum tipo de uso conflitante da terra (Moreira, 1999). O instrumento legal mais importante para disciplinar o uso da terra é o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 4.771/65, que, nos artigos 2º e 3º, trata das áreas de preservação permanente. Nestas, não se pode fazer a retirada da cobertura vegetal original, a fim de que esta possa exercer em plenitude suas funções ambientais. Estas áreas, na maioria das vezes, não são respeitadas, sejam elas relacionadas à declividade, topos de morros, margens dos córregos, rios ou nascentes.

O estudo das interações da declividade, solos e uso da terra da sub-bacia pode ser feito com o uso do geoprocessamento, por possibilitar o armazenamento e gerenciamento desses dados, com rapidez e precisão, além de permitir a identificação de áreas propícias à degradação ambiental e a avaliação das estratégias de manejo antes que elas sejam adotadas (Câmara & Davis, 2002).

Dentro deste contexto, o presente estudo propôs a utilização de um SIG para localizar as áreas propícias à degradação das nascentes contidas na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz. Esta representação servirá para, entre outras utilidades práticas, planejar as ações de manutenção, recuperação e monitoramento das nascentes.

Como objetivos específicos deste estudo destacam-se: a) realizar a caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz; b) caracterizar as nascentes perenes e suas áreas de recarga; c) analisar o cumprimento da legislação ambiental nas áreas de preservação permanentes dos córregos, nascentes e encostas e nas áreas de recarga das nascentes perenes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz pertence à bacia do Rio Grande e foi selecionada por: ser representativa do município de Lavras e região, apresentar pequena influência urbana nas nascentes e permitir fácil acesso para os trabalhos de campo.

Localizada no município de Lavras, na região sul do estado de Minas Gerais (Figura 1), a sub-bacia têm como curso d'água principal o Ribeirão Santa Cruz, que é tributário do Rio Capivari que, por sua vez, é tributário do Rio Grande e este, integrante da bacia do Rio Paraná. A sub-bacia em estudo situa-se entre as coordenadas geográficas 21° 09'39" e 21° 20'14" de latitude sul e 44° 51'36" e 45° 00'00" de longitude oeste de Greenwich.

O clima do município de Lavras é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,1° e 15,8°, respectivamente. A precipitação anual normal é de 1.530mm, a evaporação total do ano igual a 1.343mm e a umidade relativa média anual de 76% (Brasil, 1992).

A formação florestal da sub-bacia é classificada como floresta estacional semidecidual montana (Veloso et al., 1991).

A região de Lavras pode ser estratificada em função de seus ambientes agrícolas em Gleissolos (principalmente Gleissolos Háplicos) e Neossolos Flúvicos, Latossolos, Solos com horizonte B textural, Cambissolos de rochas pelíticas e gnáissicas, e Neossolos Litólicos de quartzitos e micaxistos (Curi et al., 1990; Embrapa, 1999).

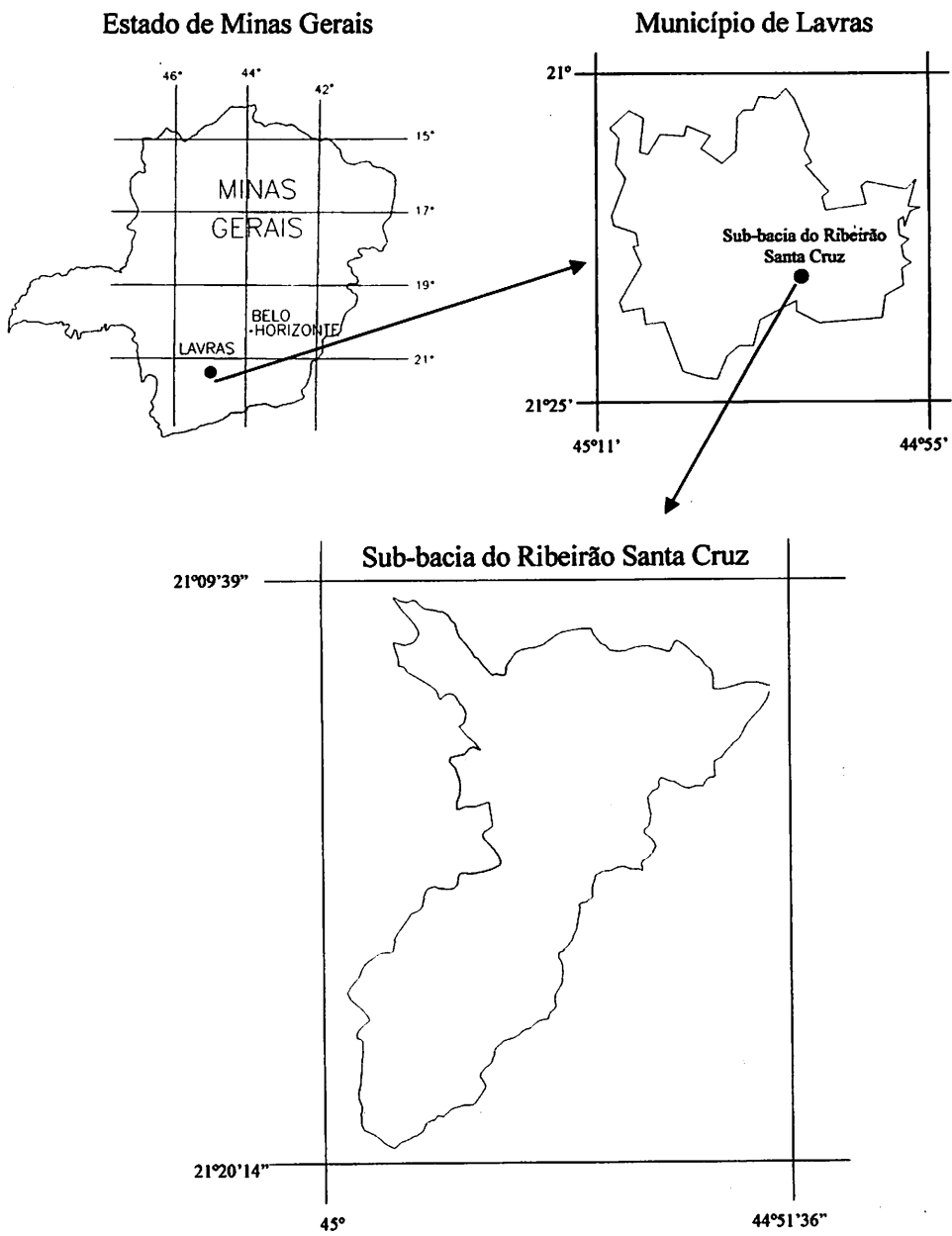


FIGURA 1 Localização da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG

4.2 Levantamento fisiográfico da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz

Os dados do levantamento fisiográfico (Figura 2) da sub-bacia foram obtidos em cartas planialtimétricas, em fotos aéreas verticais, em imagem de satélite e levantamentos de campo, os quais foram manipulados em um SIG por meio do programa SPRING, versão 3.6.02.

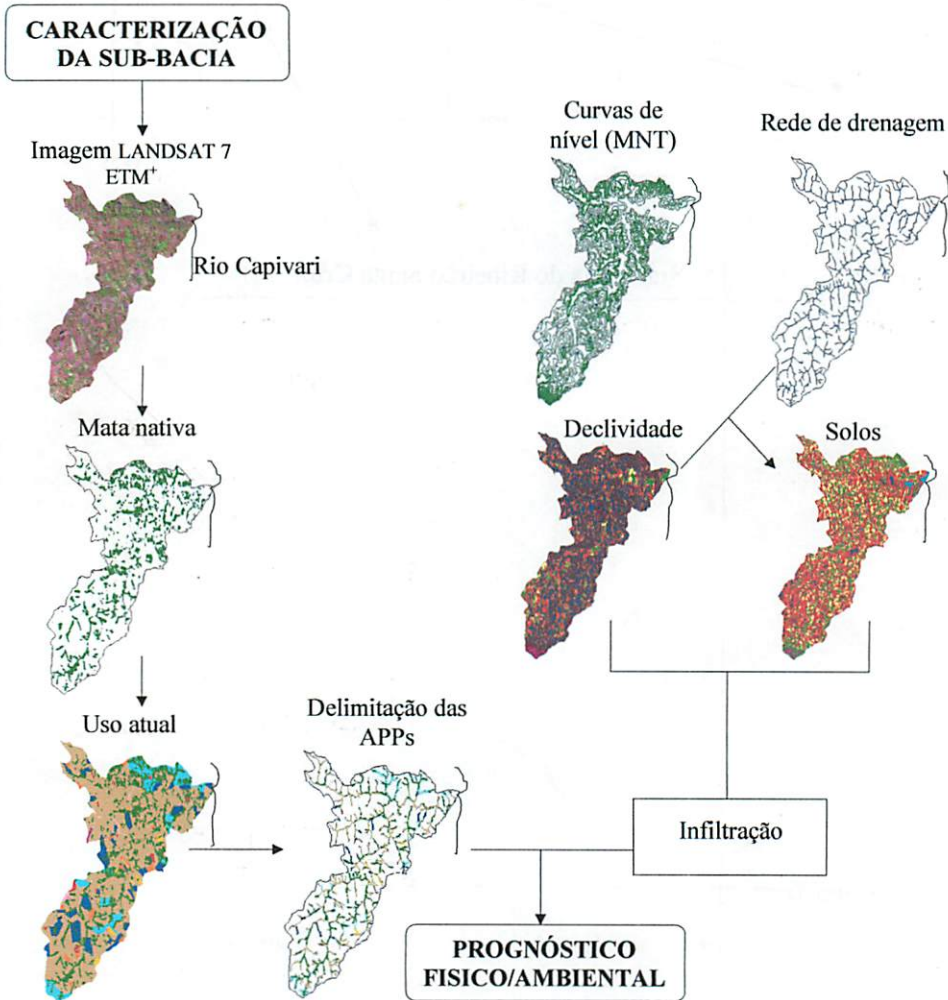


FIGURA 2 Roteiro das etapas de trabalho executadas para o prognóstico físico/ambiental da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

4.2.1 Determinação das características dimensionais da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG

Os valores dimensionais de sub-bacias são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização (Oliveira e Ferreira 2001). Na determinação destes parâmetros foi seguida a metodologia citada por Oliveira & Ferreira (2001) para os itens de “a” a “f” e Wisler & Brater (1964) e Horton (1932), citados por Lima (1986), para a determinação dos parâmetros “g” e “h”.

I) *Sub-bacia de drenagem*

a) **Maior comprimento (C):** medido com a função operações métricas do SPRING, é a distância que acompanha aproximadamente a direção do tributário principal, da foz ao divisor de água.

b) **Maior largura (L):** medido com a função operações métricas do SPRING, é a distância correspondente à maior largura que corta transversalmente o tributário principal.

c) **Comprimento do curso principal (Cp):** obtido pelo somatório dos segmentos correspondentes ao canal principal, ou seja, o comprimento do curso principal desde a nascente do ribeirão até a foz, pela função operações métricas do SPRING.

d) **Comprimento total da rede (Cr):** determinado da mesma forma que o Cp, considerando também os tributários. A rede de drenagem foi obtida a partir das cartas planialtimétricas do IBGE.

e) **Perímetro (P):** é o comprimento da linha divisora de águas que circunda a sub-bacia, calculado a partir da função operações métricas do SPRING.

f) **Área:** compreende à área delimitada pelo divisor de águas, calculado a partir da função operações métricas do SPRING.

g) Declividade média: a determinação da declividade média da sub-bacia, foi obtida utilizando a seguinte fórmula:

$$S = \left(\frac{D \cdot L}{A} \right) \cdot 100$$

, em que: S= declividade média em porcentagem
D= distância entre as curvas de nível (m)
L= comprimento total das curvas de nível (m)
A= área da bacia em m²

Para o cálculo do comprimento total das curvas de nível (L), as curvas de nível da categoria MNT foram mosaicadas para um plano de informação dentro de uma categoria temática, onde foi possível utilizar a função operações métricas do SPRING para a obtenção do comprimento total das curvas de nível.

h) Fator de forma: obtida a partir da fórmula seguinte:

$$F = \frac{A}{C^2}$$

, em que: F= fator de forma (adimensional)
A= área da bacia (km²)
C= maior comprimento (km)

II) Rede de drenagem

Para a análise da rede de drenagem foi seguida a metodologia de Strahler (1957), citada por Oliveira & Ferreira (2001), para os seguintes índices quantitativos:

a) Densidade de drenagem (Dd): obtida a partir da fórmula seguinte:

$$Dd = \frac{Cr}{A}$$

, em que: Dd= densidade de drenagem (km/km²)
Cr= comprimento total da rede de drenagem, a partir das cartas planialtimétricas do IBGE (km)
A= área da bacia (km²)

Segundo Lima (1986), este índice é importante, pois reflete influência da geologia, da topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia;

b) Frequência de rios (F): obtida a partir da fórmula seguinte:

$$F = \frac{N}{A}, \text{ em que: } N = \text{número total de rios da bacia}$$
$$A = \text{área da bacia (km}^2\text{)}$$

A metodologia adotada para a determinação da hierarquização das drenagens foi baseada no sistema desenvolvido por Strahler (1952), citado por Oliveira & Ferreira (2001), que considera os menores canais, os que iniciam a rede, como de primeira ordem. Quando dois de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem, que pode receber tributários de primeira ordem. Da união de dois canais de segunda forma-se um de terceira ordem, que pode receber tributários de ordens inferiores e assim por diante.

4.2.2 Mapa básico ou planialtimétrico

Para a elaboração do mapa básico ou planialtimétrico foram compiladas informações cartográficas (curvas de nível e rede de drenagem) das cartas do IBGE, folha de Lavras (SF-23-X-C-I-1) e Itumirim (SF-23-X-C-I-3), escala 1:50.000, ano de 1975.

As cartas foram copiadas em scanner e as imagens foram gravadas no formato TIFF e exportadas no formato GRIB, para o SPRING - versão 3.6.02 do INPE. Foram então, georreferenciadas para posterior digitalização dos mapas da rede de drenagem, do limite da área e das curvas de nível.

Para a obtenção da rede de drenagem, foi utilizada como informação básica a rede hidrográfica das cartas topográficas do IBGE, que foram

digitalizadas na escala 1:50.000, como uma categoria temática sendo complementada e atualizada pelo levantamento de campo.

As curvas de nível das cartas topográficas do IBGE, com equidistância de 20m, foram digitalizadas como uma categoria MNT.

A delimitação da sub-bacia foi determinada levando-se em consideração as linhas de cumeadas, com base no plano de informação de curvas de nível da base cartográfica digital.

4.2.3 Mapas temáticos

4.2.3.1 Mapa de declividade

Todo estudo de uso da terra deve incluir como uma de suas variáveis as classes de declividade existentes na região. Tal procedimento visa atender à legislação específica para o ordenamento do uso da terra.

A partir das curvas de nível da área, representadas pelos elementos curva mestra (de 100 em 100 metros) e curva intermediária (de 20 em 20 metros), e pelos pontos cotados presentes nas cartas do IBGE, foi reproduzida a superfície do terreno utilizando a triangulação de Delauney (Modelo TIN) como interpolador das isolinhas. Em seguida, foi gerada uma matriz em uma categoria MNT, com malha de 0,25cm x 0,25cm, a partir da função “geração de grade retangular”. A geração desta matriz é importante porque a forma com que se apresentam as isolinhas não permite a análise em todos os pontos da área de estudo. Para isso, é necessária a geração de uma superfície com valores que variam continuamente no espaço, cujo valor num ponto depende dos valores vizinhos. Esta matriz foi a base para a confecção automatizada do mapa de declividade em uma categoria temática.

O mapa de declividade é o resultado do fatiamento da declividade e para a definição das fatias foi escolhida o passo variável. As classes de declividade

foram estabelecidas seguindo a metodologia de De Biase (De Biase, 1993), elucidada na Tabela 5.

O cálculo das áreas das classes de declividade foi feito utilizando-se a função medidas de classe do modelo temático.

TABELA 5 Correlação entre classes de declividade e relevo (De Biase, 1993).

Classes de declividade (%)	Relevo
0-3	Várzea
3-6	Plano a suave ondulado
6-12	Suave-ondulado a ondulado
12-20	Ondulado a forte ondulado
20-40	Forte ondulado a montanhoso
>40	Montanhoso

4.2.3.2 Mapa de uso da terra

O mapa de uso da terra foi gerado a partir da interpretação visual em meio digital de imagens de satélite LANDSAT7 – ETM⁺ de 26 de junho de 2000, com resolução espacial 25 x 25m, e levantamento de campo. Foram utilizadas as bandas 3,4 e 5, com os respectivos filtros B, G e R. Estas bandas passaram pela transformação IHS < > RGB, para que pudesse ser aproveitada a resolução de 12,5m da banda Pan.

Para a individualização das principais classes de uso na área foram utilizados os diferentes elementos de interpretação visual e também fichas de campo e fotos aéreas da área em estudo. As classes de uso definidas no referido trabalho foram: mata nativa (que correspondem aos fragmentos florestais e às matas ciliares primárias ou secundárias em avançado estágio de sucessão), capoeira (representada pelas áreas cobertas por vegetação em estágio inicial a médio de regeneração), eucalipto, café, culturas anuais, pastagem, campo limpo, aeroporto, água e solo exposto. Para a determinação da mata nativa utilizou-se a

função “classificação”, por meio do treinamento supervisionado da imagem digital, com pontos de controle em matas nativas para validação da classificação. As áreas de mata nativa visitadas em campo foram identificadas na imagem e então amostradas, totalizando 50 amostras. Para a classificação supervisionada, utilizou-se o método da máxima verossimilhança.

O trabalho de campo foi realizado com o uso do GPS Garmin – 3 Plus para verificação dos padrões mapeados na imagem para os diferentes usos.

4.2.3.3 Mapa das classes de solos

O mapa de solos foi definido a partir dos mapas de declividade e da rede de drenagem. Do mapa de classes de declividade, originou-se uma matriz, com malha de 0,25cm x 0,25cm, que foi a base para a confecção automatizada geral desse mapa. A partir deste mapa geral foi feita a delimitação dos solos Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos que se encontravam em relevo plano próximo à rede de drenagem.

As classes de solos foram definidas seguindo o modelo estabelecido por Andrade et al. (1998), que correlacionaram as classes de declividade e as classes de solos atualizadas pela Embrapa (1999), conforme Tabela 6.

TABELA 6 Correlação entre classes de declividade e classes de solo da região de Lavras, MG (Andrade et al., 1998).

Classes de declividade (%)	Classes de solos	Classes de solos (Embrapa, 1999)
0-3 (Topo)	Latossolos	Latossolos
0-3 (Várzea)	Solos Hidromórficos e Aluviais	Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos
3-12	Latossolos	Latossolos
12-20	Solos B texturais	Solos B texturais
20-45	Solos B texturais e Cambissolos	Solos B texturais e Cambissolos
> 45	Cambissolos e Solos Litólicos	Cambissolos e Neossolos Litólicos

4.2.3.4 Mapa da delimitação das áreas de preservação permanente

As áreas de preservação permanente das nascentes e matas ciliares foram demarcadas automaticamente no SPRING pela aplicação da função mapa de distância aos arquivos matriciais dos cursos d'água (transformação vetor-matriz de arquivos com estrutura de linha) e nascentes (transformação vetor-matriz de arquivos com estrutura de ponto) seguindo as distâncias estabelecidas pelo Código Florestal de 1965, sendo 50 metros de raio para as nascentes e 30 metros de largura para os cursos d'água com menos de 10 metros de largura.

As áreas de preservação permanente correspondentes às encostas com declividades superiores a 45° foram obtidas a partir do mapa de declividade. O mapa de declividade foi reclassificado pelo LEGAL para declividades superiores a 45°, obtendo-se o mapa final das APP correspondentes às encostas.

4.2.3.5 Mapa de uso conflitante da terra

Foram considerados como uso conflitante todos os usos os quais não eram de vegetação nativa presente nas áreas de preservação permanente das nascentes, cursos d'água e encostas (Brasil, 2002a e Brasil, 2002b) e os usos que não eram culturas permanentes nas áreas de 20% a 45% de declividade (Bigarella & Mazuchowski, 1985).

Para a identificação do uso conflitante da terra nas áreas de 20% a 45% de declividade, utilizou-se uma operação booleana cruzando os planos “declividade” versus “uso da terra” e para a obtenção do mapa de uso conflitante nas áreas de preservação permanentes cruzou-se os planos “áreas de preservação permanente” versus “uso da terra”. O mapa de uso conflitante da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz foi obtido da reclassificação dos mapas de uso conflitante nas APP e áreas de 20% a 45% de declividade.

Para quantificar os tipos de uso conflitante foram cruzados os mapas de uso conflitante com o de uso da terra. Para isso, empregou-se a função tabulação

cruzada do SPRING e as combinações obtidas foram exportadas para o Excel e tabuladas.

4.2.4 Mapa da área de recarga

O mapa da área de recarga foi obtido a partir de fotos aéreas verticais tomadas pela AEROSUL S.A. (Fotogrametria Sul do Brasil) e AERODATA (Aerofotogrametria e Consultoria S.A.) para o IBC-GERCA (Instituto Brasileiro do Café – Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura) no ano de 1979, com escala aproximada de 1: 25000 e formato 23 x 23cm. Para o recobrimento das áreas de recarga da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, foram utilizadas 17 fotos da folha do fotoíndice SF 23-X-C-I.

As fotografias foram interpretadas com o auxílio de um estereoscópio de bolso, o qual fornece uma visão tridimensional do terreno. Primeiramente, foram desenhadas as linhas de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz em acetatos. Para melhorar a precisão interpretativa das fotografias e evitar distorções geométricas das bordas das mesmas, seguiu-se a metodologia proposta por Rocha (1985), que consiste em delimitar a área útil da mesma. Assim, cada acetato desenhado teve retângulo útil de 180cm², ou seja, porção útil longitudinal e porção útil lateral igual a 10 e 18 cm, respectivamente.

As nascentes existentes na sub-bacia foram locadas nas drenagens dos acetatos e, sob estereoscopia, foram delimitadas as áreas de recarga (áreas que drenam água do divisor natural até a nascente) de todas as nascentes permanentes. Em função da dificuldade de diferenciar a área de recarga dos pares de nascentes 9 e 10, 20 e 21, 94 e 177, e 147 e 148, as áreas de recarga destas foram delimitadas em conjunto.

Em seguida, os acetatos foram georreferenciados e os polígonos referentes às áreas de recarga foram digitalizados no SPRING, permitindo a confecção do mapa cadastral das áreas de recarga. Este mapa foi de extrema

importância para o cruzamento das informações de uso da terra, declividade, tipo de solo e uso conflitante da terra dentro das áreas de recarga para verificação da necessidade de medidas conservacionistas nas respectivas áreas.

A partir do mapa cadastral das áreas de recarga das nascentes foi possível calcular a área das mesmas para cada nascente.

4.2.5 Cruzamento de mapas

Os mapas de declividade, solos, uso da terra, uso conflitante da terra, área de recarga das nascentes e delimitação das áreas de vegetação permanente das nascentes, matas ciliares e encostas com declividade superior a 45° no formato vetorial, foram transformados em matricial. Para realizar este processo foi necessário escolher a mesma resolução (um único tamanho de pixel) para todos os planos de informação.

Foram realizados os seguintes cruzamentos a partir da função tabulação cruzada do SPRING:

- declividade x área de recarga;
- solos x área de recarga;
- uso da terra x área de recarga;
- uso conflitante da terra x área de recarga;
- uso das APP x área de recarga.

4.3 Informações das nascentes obtidas no campo

4.3.1 Localização das nascentes

Foram consideradas nascentes cada início dos tributários do Ribeirão Santa Cruz, o que resultou, pela carta do IBGE, em 192 nascentes na sub-bacia em estudo. A rede de drenagem das cartas topográficas foi digitalizada no

SPRING, o que permitiu a obtenção das coordenadas planas de cada nascente, que receberam um número para controle.

Com as coordenadas de cada nascente foi possível localizá-las no campo por meio de um receptor GPS (“Global Position System), modelo Garmim – 3 Plus. Durante o trabalho de campo, 38 nascentes não presentes nas cartas foram encontradas e georreferenciadas, para posterior atualização da rede de drenagem. A transferência dos dados que foram obtidos com o GPS, para serem trabalhados posteriormente, foi realizada por meio de um “software” apropriado denominado PCX5.

4.3.2 Situação atual das nascentes

O questionário utilizado para o levantamento de campo em cada nascente cadastrava informações sobre localização, número e tipo de nascente, tipo e estado de conservação da vegetação no entorno das nascentes, vestígios de animais domésticos, perturbações na área, vazão e nome do proprietário (Tabela 1A).

As nascentes foram classificadas, de acordo com o tipo de reservatório a que estão associadas, em pontuais ou difusas. Como nascentes pontuais foram classificadas todas aquelas que apresentaram a ocorrência do fluxo d’água em um único local do terreno, localizadas, geralmente, em grotas e no alto das serras. As nascentes foram consideradas difusas quando não havia um ponto definido no terreno, ou seja, apresentava vários olhos d’água. A maioria das nascentes desta categoria ocorre nos brejos, voçorocas e matas planas de altitudes mais baixas.

Para avaliar o grau de conservação das nascentes, a vegetação no seu entorno foi medida com uma trena até um raio de 50 metros. A vegetação acima (R1), abaixo (R2), à direita (R3) e à esquerda (R4) da nascente foi medida

(Figura 3). As margens direita e esquerda da nascente foram orientadas pelo sentido do escoamento do leito do curso principal.

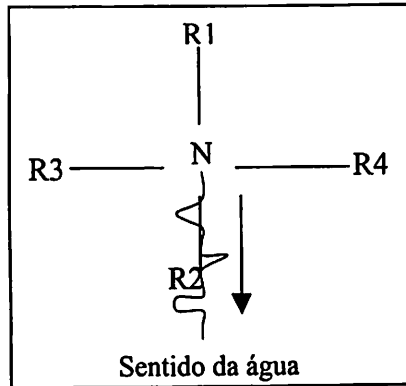


FIGURA 3 Sentido de medição da vegetação no entorno das nascentes.

Quanto ao estado de conservação das nascentes, estas foram classificadas em três categorias:

- preservadas, quando apresentavam pelo menos 50 metros de vegetação natural no seu entorno medidas a partir do olho d'água em nascentes pontuais ou a partir do olho d'água principal em nascentes difusas;
- perturbadas, quando não apresentavam 50 metros de vegetação natural no seu entorno, mas apresentavam bom estado de conservação, apesar de estarem ocupada em parte por pastagem e/ou agricultura;
- degradadas, quando encontravam-se com alto grau de perturbação, muito pouco vegetada, solo compactado, presença de gado, com erosões e voçorocas.

4.3.3 Medição de vazão

As aferições hidrológicas foram realizadas em outubro, mês que apresenta, historicamente, as menores vazões, representando, portanto, a vazão

mínima das nascentes da sub-bacia no ano hidrológico. Na Figura 4 são apresentados dados da precipitação anual do município de Lavras nos últimos 10 anos.

As vazões foram quantificadas a partir de medições realizadas nas nascentes pelo processo direto. Este processo é aplicável nos casos de pequenas descargas, como fontes e riachos, e consiste na medição direta da água em recipiente de volume conhecido, onde o tempo gasto para o seu enchimento é marcado com o auxílio de um cronômetro digital. A vazão das nascentes foi obtida pela fórmula:

$$Q = \left(\frac{Vol}{t} \right) / 1000, \text{ em que: } Q = \text{vazão da nascente (m}^3/\text{s)}$$
$$Vol = \text{volume de água (l)}$$
$$t = \text{tempo (s)}$$

Em situações onde não foi possível coletar a água por um recipiente, foram utilizados medidores de vazão sob regime crítico modelo WSC Flume (Bernardo, 1989), os quais foram instalados em nível com o solo. Após um período de estabilização da água sobre a calha, foi realizada a aferição da vazão, no ponto marcado da calha, com o auxílio de uma régua.

O cálculo das vazões, a partir das calhas, seguiu as seguintes fórmulas:

Calha pequena

$$Q = 0,0056 \times H^{2,53}$$

Calha grande

$$Q = 0,00976 \times H^{2,307}$$

em que: $Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$

$H = \text{altura mensurada na régua em cm}$

O ponto de medição da vazão das nascentes foi marcado com o GPS, para facilitar posterior medição ou repetição de dados.

Para verificar a existência de correlação entre a vazão e o tamanho das áreas de recarga das nascentes, as vazões mensuradas em todas as nascentes foram correlacionadas, com suas respectivas áreas de recarga, pelo teste t Student, utilizando-se o intervalo de confiança de 95% de probabilidade.

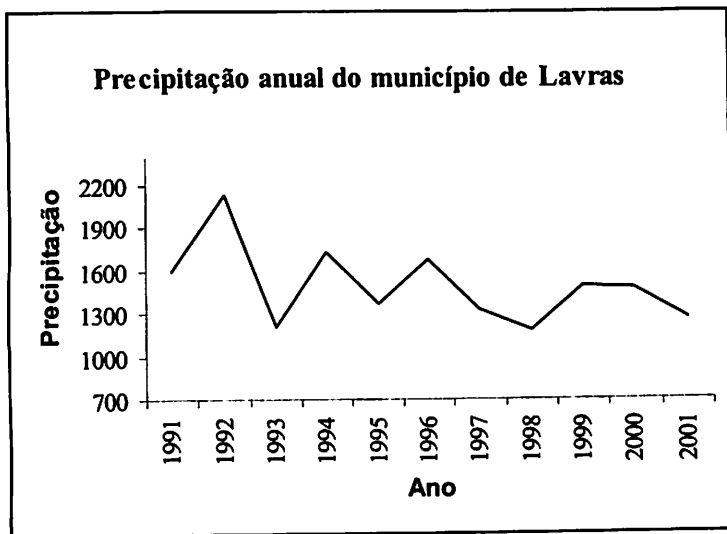


FIGURA 4 Precipitação anual do município de Lavras, 1991-2001 (dados da estação climatológica principal de Lavras, Departamento de Engenharia, Setor de Agrometeorologia, UFLA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

5.1.1 Características dimensionais da sub-bacia de drenagem

Os atributos mensuráveis da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

A sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz apresenta uma área de 86,99km², representando 15,44% da área do município de Lavras, com perímetro de 62,49km. Sua declividade média é de 13,47%, com altitudes variando de 822 a 1257 metros.

A sub-bacia caracteriza-se como sendo de 5ª ordem. Seu curso d'água principal, representado pelo Ribeirão Santa Cruz, apresenta um comprimento de 30,09km. O fator de forma da sub-bacia pode ser considerado baixo ($F=0,351$), podendo-se inferir que há baixa propensão para valores elevados de vazão (Lima, 1986).

O valor da densidade de drenagem de 2,35km/km², calculado a partir da rede de drenagem das cartas planialtimétricas do IBGE, é considerado alto conforme Vilela & Mattos (1975). De acordo com Morisawa (1968), citado por Lima (1986), valores altos de densidade de drenagem apresentam geologia dominada por argilitos e relevo acidentado, que propiciam o escoamento superficial.

TABELA 7 Propriedades dimensionais da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

P (km)	A (km ²)	Cp (km)	Cr (km)	C (km)	L (km)	F
62,49	86,99	30,09	202,88	15,73	10,58	0,351

P = perímetro da bacia; A = área de drenagem; Cp = comprimento do canal principal; Cr = comprimento total da rede de drenagem; C = maior comprimento; L = maior largura; F = fator de forma.

TABELA 8 Índices quantitativos da rede de drenagem e comprimento das ordens de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

ÍNDICE QUANTITATIVOS DA REDE DE DRENAGEM		COMPRIMENTO DAS ORDENS DE DRENAGEM (km)				
Dd	F	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
2,35km/km ²	2,65/km ²	116,75	38,68	22,08	18,75	8,45

Dd = Densidade de drenagem; F = Frequência de rios

5.1.2 Declividade

Pelos dados da Tabela 9 e na Figura 5 pode-se observar que a classe de declividade predominante da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz é a de 6-12%, apresentando relevo suave ondulado a ondulado. Estas características não apresentam fortes restrições à infiltração da água da chuva (Serra, 1993) e conseqüente abastecimento dos lençóis na sub-bacia em estudo.

Por outro lado, cerca de 50% da área da sub-bacia apresentam declividade acima de 12%, apresentando áreas de relevo ondulado a montanhoso. Segundo Rostagno (1999), o declive entre 12-40% chega a oferecer dificuldades e até mesmo problemas à utilização de máquinas agrícolas, e acima de 40%, a declividade é limitante à utilização de máquinas. A autora salienta ainda que na classe de 12-20% de declividade, práticas de conservação mais complexas são necessárias para utilização dessas áreas, e que

TABELA 9 Área total e distribuição percentual das classes de declive da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Classes de declividade (%)	Área (km ²)	% da área
0-3	4,55	5,23
3-6	10,33	11,88
6-12	28,54	32,81
12-20	25,32	29,11
20-40	16,07	18,47
>40	2,19	2,52
Total	86,99	100,00

nas classes com declividade acima de 20% o relevo acentuado faz com que o escoamento superficial seja rápido na maior parte dos solos, podendo causar sérios problemas de erosão. Se, pelo lado operacional, estas características do relevo são prejudiciais, para a formação das nascentes são extremamente importantes, visto que 61,59% das nascentes encontram-se a partir de 12% de declividade. Pode-se considerar esta sub-bacia como uma bacia de cabeceira de relevada importância para o município.

5.1.3 Solos

Na Figura 6 encontram-se as distribuições espaciais das classes de solos e na Tabela 10 seus valores de área e porcentagem. Os Latossolos relacionados à classe de 3-12% de declive foram os solos mais expressivos, ocupando 44,99% da área total, enquanto os Latossolos associados a classe 0-3% de declive corresponderam a uma área de 3,09km², o equivalente a 3,56%. Os Latossolos associados às classes de 0-3% e 3-12% localizam-se nas posições mais estáveis da paisagem, têm alta taxa de infiltração (Lima, 1987), têm boa capacidade de retenção de água, são profundos e acentuadamente drenados (Giarola, 1994). Estas características favorecem a recarga do lençol freático.

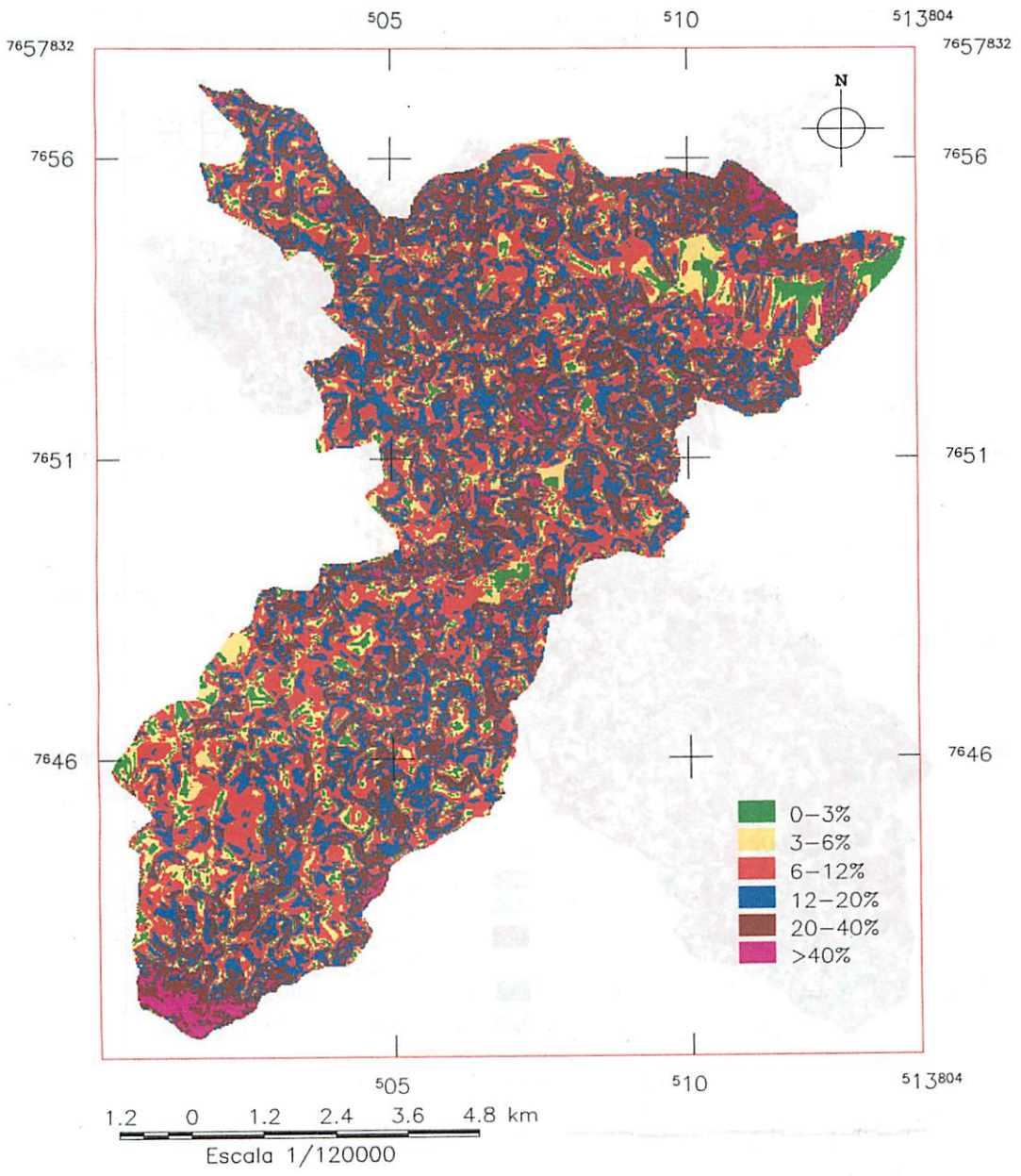


FIGURA 5 Mapa das classes de declividade da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

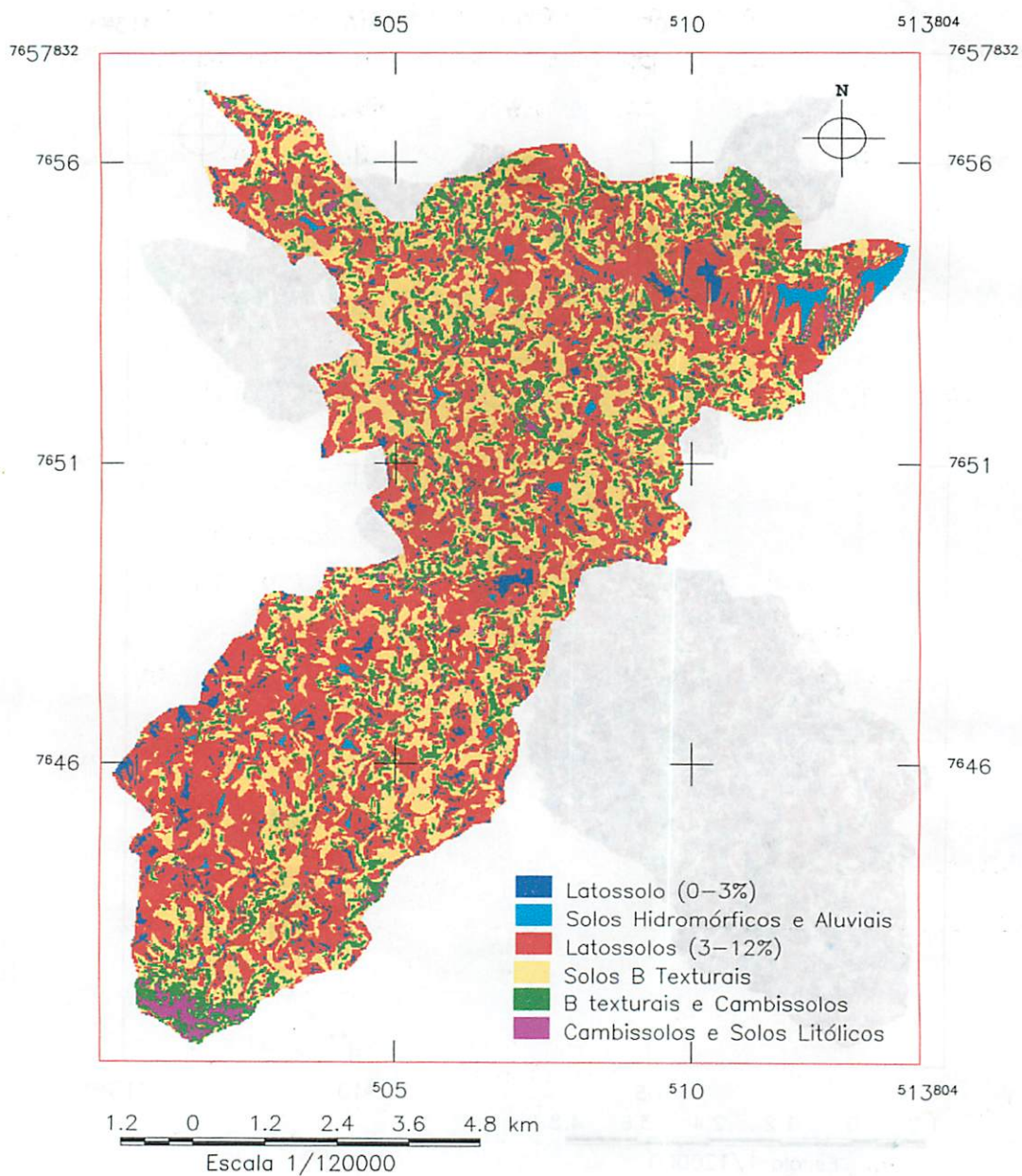


FIGURA 6 Mapa das classes de solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

A classe dos B texturais correspondeu a 36,57% da área total e a classe de B texturais associados a Cambissolos ocorreu em 11,69%. Os solos com B textural (dominados por Argissolos Vermelho-Amarelos no município de Lavras) apresentam vegetação natural de floresta tropical subperenifólia e afloramento de rocha que estão associados a solos rasos (Silva, 1990) e a relevo ondulado a montanhoso (Silva, 1991). A taxa de infiltração e retenção de água pode ser considerada boa, mas apresenta restrições no horizonte B.

As classes dos Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos, dos Cambissolos e Neossolos Litólicos, juntas, corresponderam 3,19% da área total. Apesar da baixa expressividade em relação às demais classes de solos e independente da sua aptidão agrícola restrita, sua localização é estratégica sob o ponto de vista da conservação ambiental. Enquanto os Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos não apresentam problemas quanto à erosão, pois estão situadas em áreas de relevo praticamente plano, os Cambissolos, por apresentarem espessura dos perfis relativamente reduzida e permeabilidade restringida pelas rochas subjacentes e os Neossolos Litólicos, por apresentarem pequena espessura, relevo acidentado e ocorrência de pedregosidade favorecem o escoamento superficial das águas, e conseqüentemente, a erosão

TABELA 10 Área total e distribuição percentual das classes de solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Classes de solos	Declividade (%)	Área (km ²)	% da área
Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos	0-3 (Topo)	1,32	1,52
Latossolos (0-3%)	0-3 (Várzea)	3,09	3,56
Latossolos (3-12%)	3-12	39,19	44,99
Solos B texturais	12-20	31,81	36,57
Solos B texturais e esporadicamente Cambissolos	20-45	10,17	11,69
Cambissolos e Neossolos Litólicos	>45	1,46	1,67
Total	-	86,99	100,00

destes solos (Giarola, 1994). Estas características dos Cambissolos e dos Neossolos Litólicos levam à redução da infiltração e conseqüente redução da recarga dos lençóis.

5.1.4 Uso da terra

O uso atual da terra da sub-bacia foi realizado para verificar a ocorrência de áreas degradadas ou propícias à degradação que possam influenciar na recarga dos lençóis responsáveis pela alimentação das nascentes.

Na Tabela 11 encontram-se os valores de área e porcentagem das classes de uso da terra e na Figura 7 suas distribuições espaciais.

Durante a etapa de fotointerpretação da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, houve uma certa dificuldade em discriminar as categorias café e eucalipto, pastagem e campo limpo, pelos principais elementos de reconhecimento de alvos, que consiste na avaliação da textura, porte, tonalidade e forma. Contudo, com as inúmeras fichas de campo e fotos do entorno das nascentes foi possível a tomada de decisão do uso atual. A mesma dificuldade na diferenciação das pastagens foi encontrada por Parise (1999) e Toledo (2001), e para a diferenciação do café por Resende (2000).

O uso da terra predominante da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz foi a pastagem, correspondendo a 62,41% da área em estudo. Esta cobertura vegetal, quando bem cuidada, proporciona o recobrimento da superfície do solo durante todo ano, 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, pelas observações de campo foi possível observar áreas mal manejadas, altamente compactadas e com lotações animais muito altas, levando à superutilização da forragem disponível na pastagem, deixando o solo descoberto e sem proteção contra a ação erosiva das chuvas e

TABELA 11 Área total e distribuição percentual das classes de uso da terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Uso da terra	Área (km ²)	% da área
Mata nativa	14,26	16,39
Capoeira	1,04	1,20
Cult. agrícola	6,98	8,02
Pastagem	54,29	62,41
Eucalipto	0,74	0,85
Água	0,12	0,14
Solo exposto	0,47	0,54
Aeroporto	0,18	0,21
Café	1,82	2,09
Campo limpo	7,09	8,15
Total	86,99	100,00

dos ventos, diminuindo significativamente a infiltração e afetando diretamente a vazão das nascentes. Outras sub-bacias vizinhas também apresentaram uso predominante de pastagens, como é o caso das sub-bacias Voçoroca, Olaria e Antena, estudadas por Serra (1993).

A área coberta pela mata nativa, que corresponde aos fragmentos florestais e às matas ciliares primárias ou secundárias em avançado estágio de sucessão, ocuparam 16,39% da área total (Figura 8). Estas matas localizavam-se principalmente nas vertentes, no entorno dos cursos d'água e áreas de declividade elevada, sendo de fundamental importância no controle da erosão e na recarga do lençol freático. Este valor da mata nativa mostrou que a sub-bacia em estudo encontra-se em estado de conservação acima da média do município de Lavras, onde Oliveira (2000) encontrou, em seu levantamento de floresta semidecidual, um valor de 5,6% e, acima da média do estado de Minas Gerais, onde, segundo Vieira (1988), citado por Carniel et al. (1994), a área de mata atinge 9,4% da área total. Este valor da percentagem de mata nativa (16,39%) encontra-se próximo ao valor encontrado por Resende (2000) na microbacia do Ribeirão Maranhão (18,57%), também no município de Lavras.

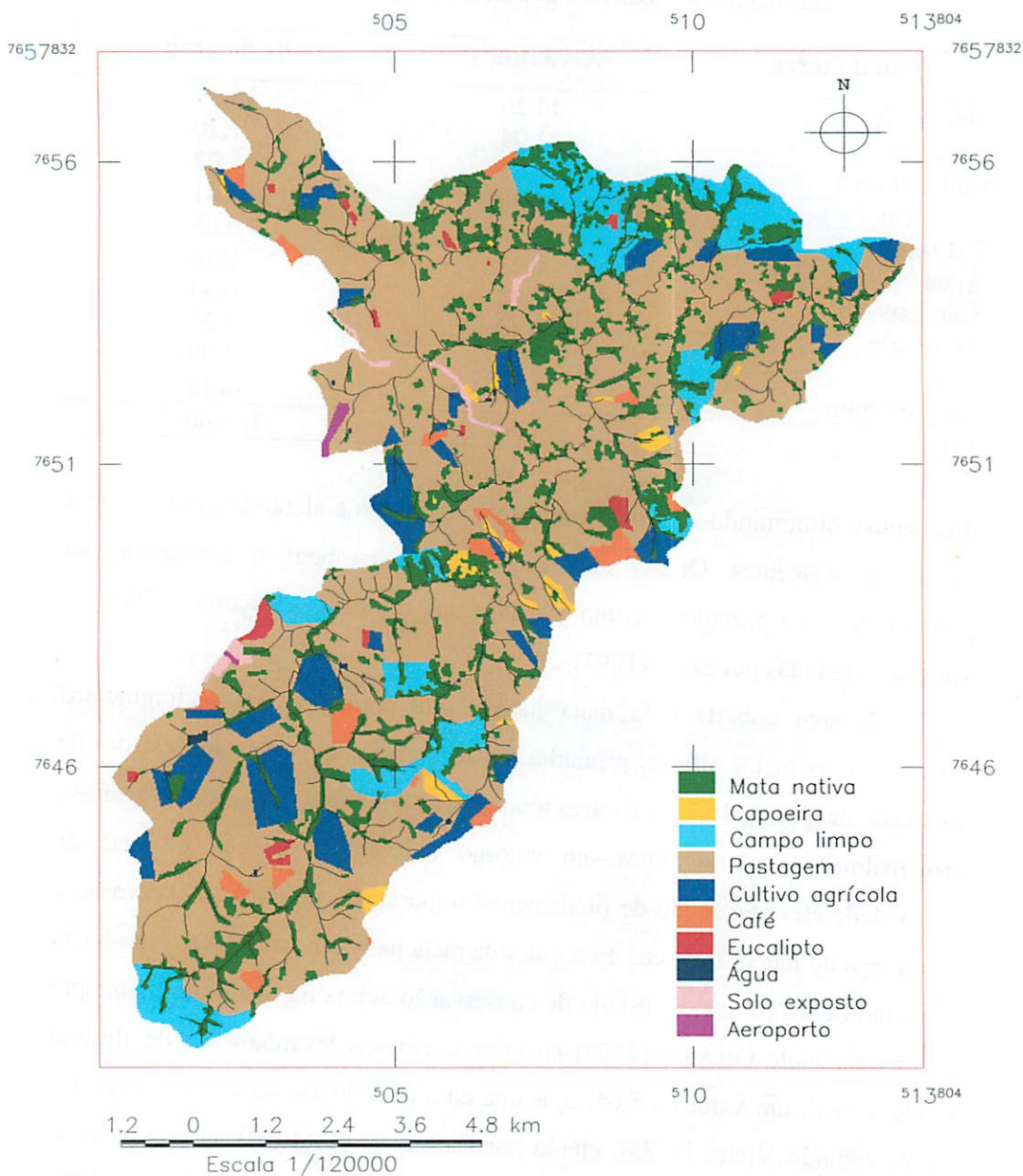


FIGURA 7 Mapa de uso da terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

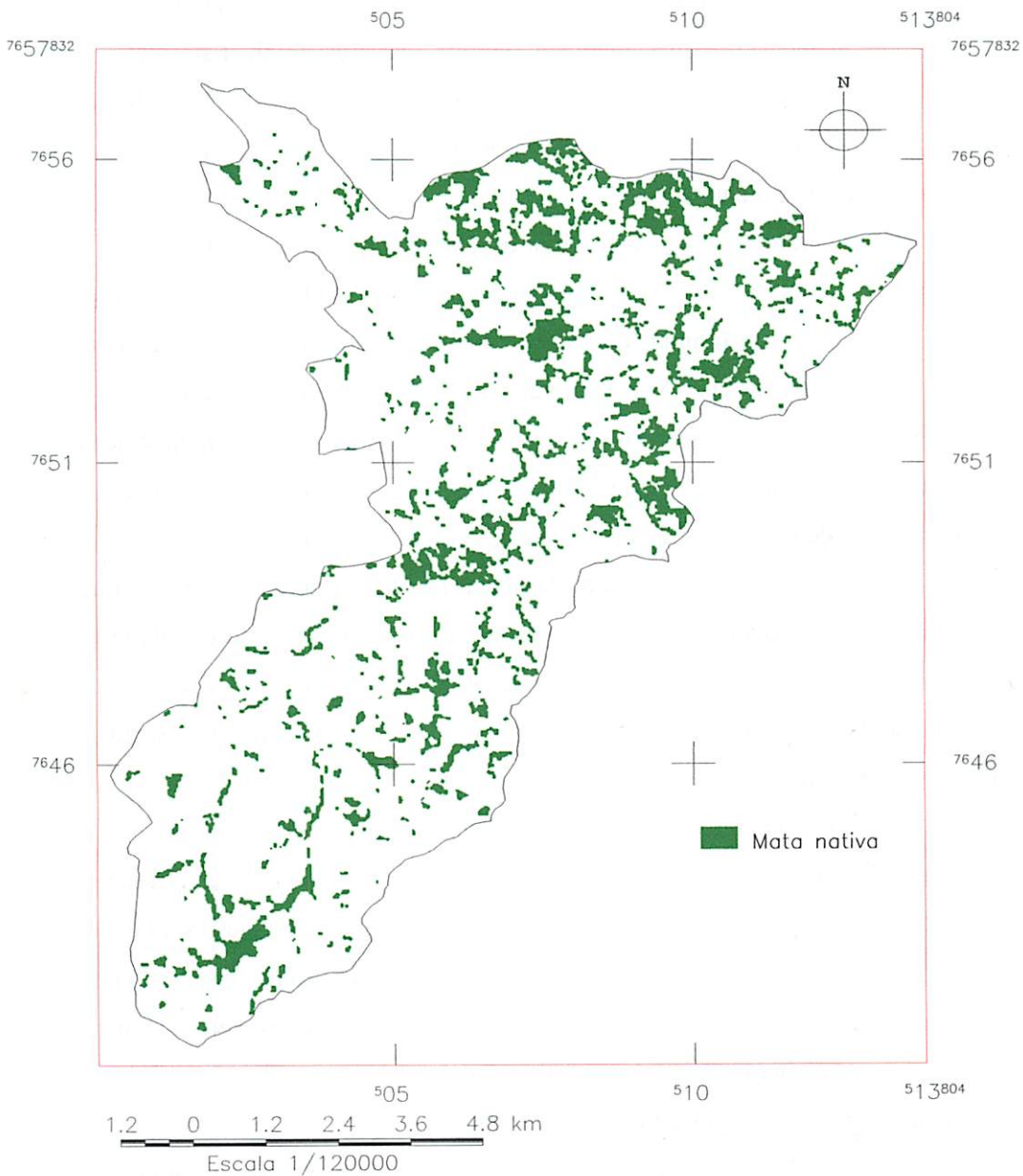


FIGURA 8 Mapa de mata nativa presente na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

A área de capoeira representou 1,20% e o campo limpo encontrado nas maiores altitudes de serras e morros 8,15% da área total. O somatório dessas três classes de vegetação nativa totalizou 25,74% da área total. Este valor é considerado bom, baseado em recomendação da ONU (Wolski, 1991 citado por Pereira, 1999), que sugere a manutenção de pelo menos 25% da área total da bacia com vegetação nativa.

Considerando-se somente a área ocupada pela mata nativa (16,39%), a sub-bacia apresenta valor abaixo da recomendação da FAO (citado por Rocha, 1997), que indica um mínimo de 25% de área florestada para sub-bacias com declividade média de até 15%. Este valor de área florestada visa recuperar o meio físico no que concerne à erosão, às enchentes e às secas, induz a infiltração de água no solo, alimentando o lençol freático e reduz significativamente o assoreamento de rios, lagos, açudes e barragens (Rocha, 1997).

Em relação à preservação da mata nativa, principalmente no que concerne à faixa de mata ciliar, fica evidente, a partir do mapa de uso da terra em conjunto com o mapa da rede de drenagem (Figura 7), o desmatamento dessas áreas, necessitando, dessa forma, de um plano de recomposição e preservação da vegetação.

O plantio de culturas agrícolas ocupou 8,02% da área da sub-bacia e, em boa parte das propriedades, é realizado sem a adoção de práticas de conservação do solo (construção de terraços e plantio em nível). A falta destas práticas conservacionistas pode ocasionar elevadas perdas de solos, como observado por Bertoni et al. (1986), demonstrando que culturas agrícolas plantadas morro abaixo causaram perda de 26,1 toneladas por ano enquanto que plantadas em nível causaram perda de 13,2 toneladas por ano.

As áreas de água, solo exposto e aeroporto, delimitadas no mapa de uso da terra, não se mostraram de interesse relevante por ocuparem menos de 1% do uso total da área.

Os plantios de cultura permanente como café e eucalipto representam 2,94% da área da sub-bacia, indicando a possibilidade de aumento de sua área nas classes de declividade de 20% a 45%, uma vez que nessas áreas é recomendado que o uso da terra seja feito por culturas permanentes (Bigarella & Mazuchowski, 1985) e 7,65% dessas áreas encontram-se com uso inadequado.

Da área total da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, 11,04% apresentaram algum tipo de uso conflitante, ou seja, estavam ocupadas por atividades não indicadas do ponto de vista técnico em áreas com declividade entre 20% a 45% ou proibidas pela legislação (APP) (Figura 9). Dentre os principais usos conflitantes destacaram-se a pastagem (84,57%), as culturas agrícolas (13,90%), o solo exposto (0,71%) e o café (0,52%).

As áreas das APP e as áreas com declividade entre 20% a 45% representam 34,83% da área da sub-bacia, das quais 27,55% apresentaram algum tipo de uso conflitante (Figura 9).

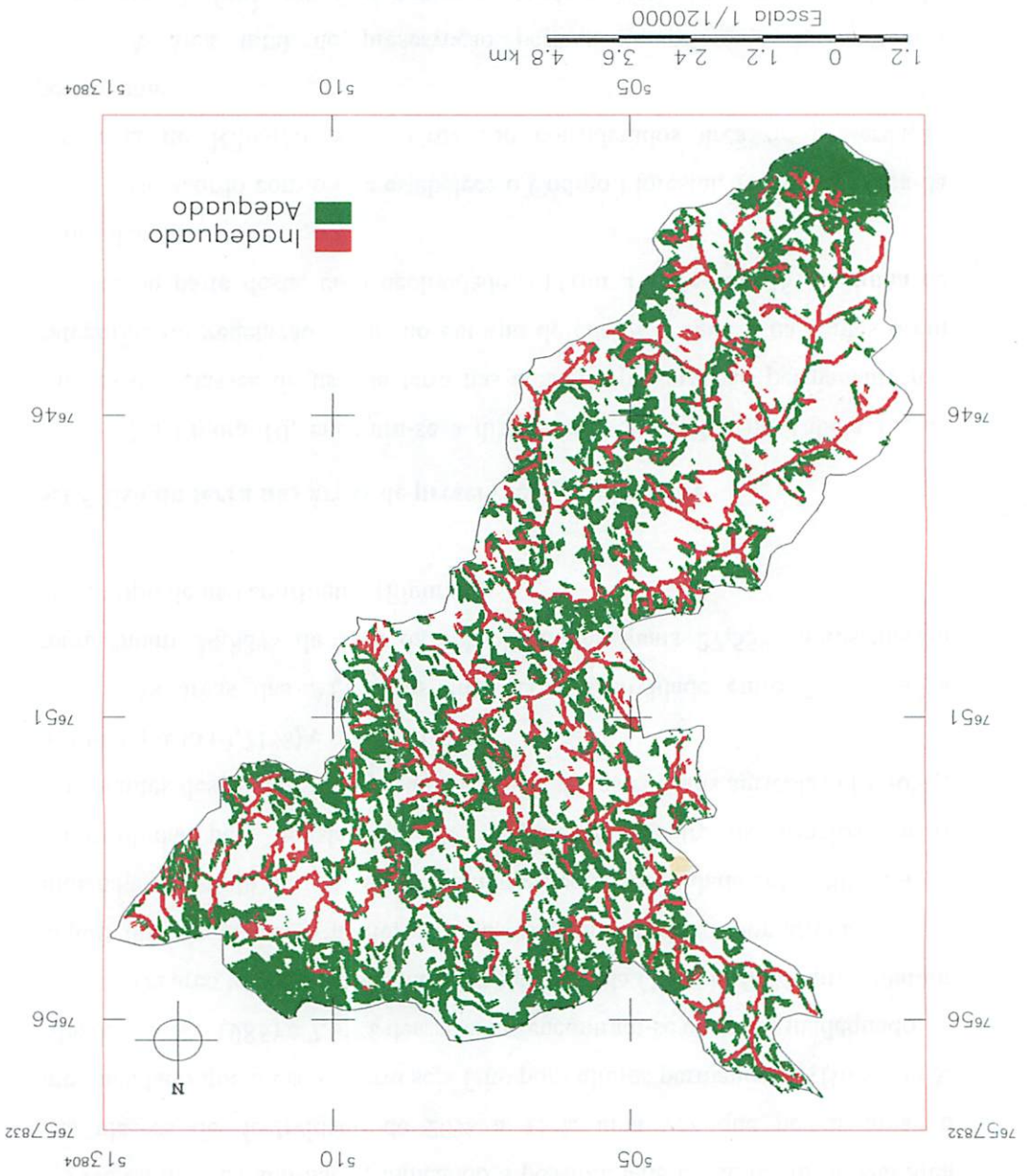
5.1.5 Uso da terra nas áreas de preservação permanente

Na Figura 10, encontra-se a distribuição espacial e na Tabela 12, os valores das classes de uso da terra nas áreas de preservação permanente nas categorias de vegetação ciliar, no entorno de cursos d'água e nascentes e em encosta ou parte desta, com declividade superior a 100% ou 45° na linha de maior declive.

De acordo com o que estabelece o Código Florestal, 17,50% da área da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz são considerados área de preservação permanente.

A área total de preservação permanente referente às nascentes representou 1,4km², uma área pequena quando comparada com a área da sub-bacia (86,99km²), representando apenas 1,61% da área total da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz. Verificou-se que 47,34% da área de preservação das

FIGURA 9 Mapa de uso conflitante da terra nas APPs e áreas com declividade entre 20% a 45% da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG



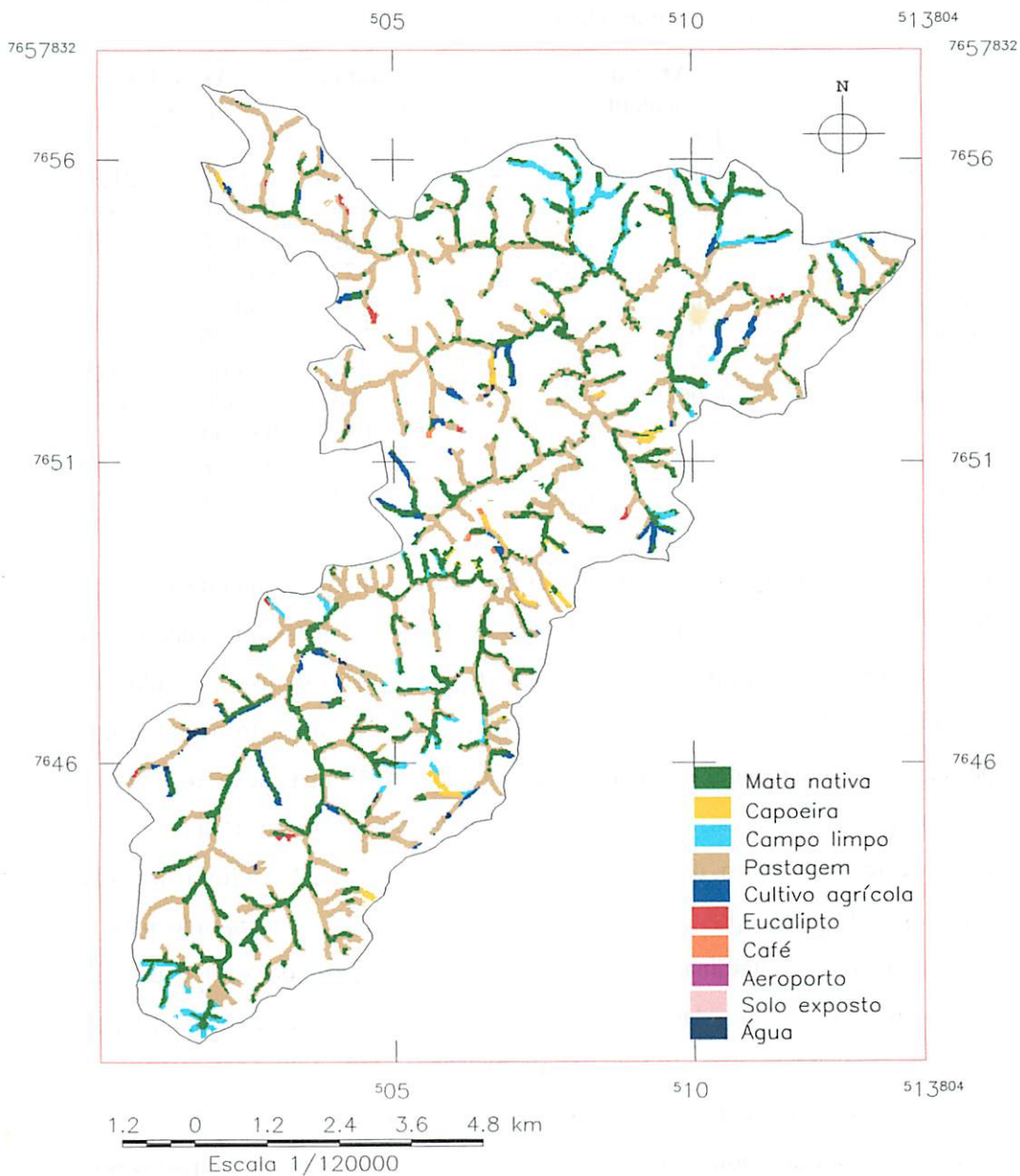


FIGURA 10 Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

TABELA 12 Uso da terra nas áreas de preservação permanente das nascentes, matas ciliares e encostas, com declividade superior 45°, da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Uso da terra	Área das nascentes		Área das matas ciliares		Área das encostas	
	Km ²	%	km ²	%	km ²	%
Mata nativa	0,55	39,16	4,77	34,61	0,0113	21,95
Capoeira	0,06	4,38	0,26	1,90	0,0000	0,00
Cult. agrícola	0,07	4,70	0,50	3,62	0,0000	0,00
Pastagem	0,64	45,69	7,33	53,23	0,0369	71,95
Eucalipto	0,02	1,34	0,06	0,46	0,0000	0,00
Água	0,01	0,67	0,06	0,46	0,0000	0,00
Solo exposto	0,00	0,00	0,01	0,04	0,0000	0,00
Aeroporto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00
Café	0,00	0,26	0,04	0,30	0,0000	0,00
Campo limpo	0,05	3,80	0,74	5,39	0,0031	6,10
Total	1,40	100,00	13,77	100,00	0,0513	100,00

nascentes estão ocupados por vegetação nativa (mata nativa, capoeira e campo limpo), com destaque para mata (39,16% do total). A pastagem ocupou uma grande área (46,69%) no entorno das nascentes, podendo, este uso indevido, ser considerado um grande agente de degradação, devido ao impacto negativo das pastagens mal manejadas sobre a regeneração natural, compactação dos solos e contaminação das águas. A Figura 11 retrata duas situações encontradas comumente no entorno das nascentes da área de estudo. O cultivo agrícola ocupava 4,70% das APP das nascentes, o que pode estar contribuindo para o assoreamento e contaminação das nascentes pelo preparo do solo e uso de defensivos. O restante das APP das nascentes encontrava-se ocupado por eucalipto (1,34%), represas (0,67%) e café (0,26%).

As APP referentes às margens dos cursos d'água ocupam 13,77km², ou seja, 15,83% da área total da sub-bacia. Destes, 53,23% estavam ocupados por pastagem e apenas 41,9% por vegetação nativa. Observou-se, ainda, nas APP dos cursos d'água, o uso da terra por cultivo agrícola (3,62%), eucalipto



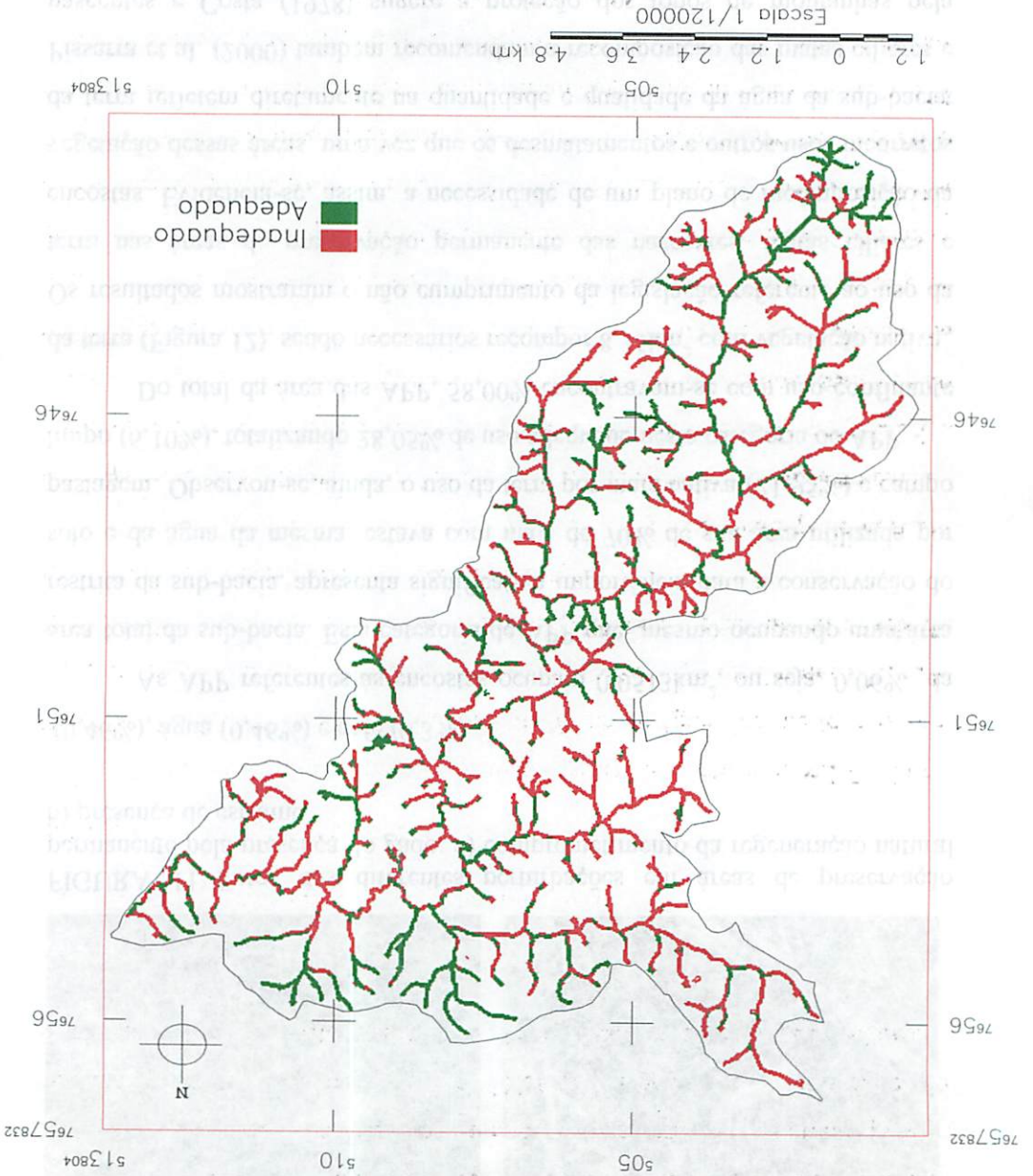
FIGURA 11 Fotos das diferentes perturbações em áreas de preservação permanente pela presença do gado: a) comprometimento da regeneração natural b) presença de estrume.

(0,46%), água (0,46%) e café (0,3%).

As APP referentes às encostas ocupam $0,0513\text{km}^2$, ou seja, 0,06% da área total da sub-bacia. Esta categoria de APP que, mesmo ocupando uma área restrita da sub-bacia, apresenta significativa importância para a conservação do solo e da água da mesma, estava com mais de 70% de sua área utilizada por pastagem. Observou-se, ainda, o uso da terra por mata nativa (21,95%) e campo limpo (6,10%), totalizando 28,05% de uso adequado nesta categoria de APP.

Do total da área das APP, 58,00% encontravam-se com uso conflitante da terra (Figura 12), sendo necessários recompor $8,35\text{km}^2$ com vegetação nativa. Os resultados mostraram o não cumprimento da legislação referente ao uso da terra nas áreas de preservação permanente das nascentes, matas ciliares e encostas. Evidencia-se, assim, a necessidade de um plano de recomposição da vegetação dessas áreas, uma vez que os desmatamentos e outros usos incorretos da terra refletem diretamente na quantidade e qualidade da água da sub-bacia. Pissarra et al. (2000) também recomendam a recomposição das matas ciliares e nascentes e Costa (1978) sugere a proteção dos topos de montanhas pela manutenção da vegetação de mata ou pelo plantio de espécies arbóreas e arbustivas ou herbáceas, a fim de minimizar os efeitos da erosão.

FIGURA 12 Mapa de uso conflitante da terra nas áreas de preservação permanente da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.



A área total de preservação permanente (17,5%), junto com os 20% da área de Reserva Legal, totalizam 37,5% da área da sub-bacia, que deveriam apresentar vegetação nativa. No entanto, o percentual encontrado para a vegetação nativa está bem abaixo (25,74%), havendo a necessidade do florestamento em 11,76% da área da sub-bacia, o equivalente a 1.022 hectares.

5.2 Informações das nascentes obtidas no campo

5.2.1 Localização das nascentes

Verificou-se um número elevado de nascentes perenes na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz (Figura 13), com abundância de água durante todo o ano. No entanto, o volume de água, segundo os proprietários, vem diminuindo. Este fato também foi constatado por Carniel et al. (1994) na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga, Camargos, MG.

Na sub-bacia em estudo, foram visitados 230 pontos onde poderia haver uma nascente. No entanto, no mês de outubro, que apresenta historicamente as menores vazões do ano, 53 dessas nascentes estavam secas. Os proprietários revelaram que algumas não drenam água há vários anos e outras somente no período das águas. Fato importante verificado no campo foi a localização da maioria das nascentes que se encontraram deslocadas no relevo em relação às coordenadas indicadas pelas cartas do IBGE, em até 200 metros. Entretanto, deve-se salientar que no ano de 2001 a precipitação anual (1.258mm) foi inferior à média do município, 1.530mm/ano, (Figura 4), podendo ter ocasionado o rebaixamento do lençol freático. Assim, foram diagnosticadas na sub-bacia, 177 nascentes perenes, ou seja, que drenam água tanto na época das águas como das secas, as quais encontram-se detalhadas na Tabela 2A.

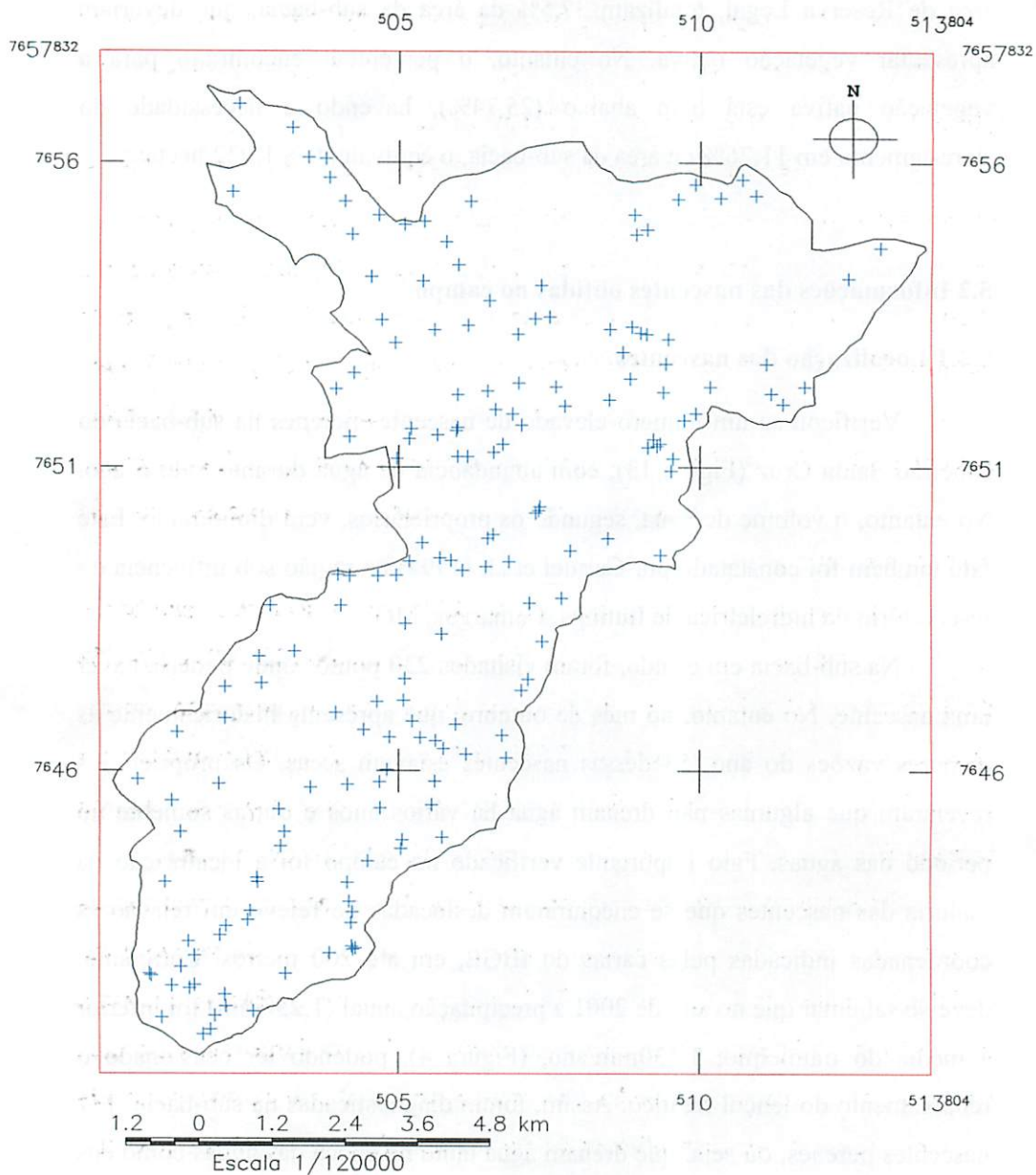


FIGURA 13 Localização das nascentes na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

5.2.2 Situação atual das nascentes

Das 177 nascentes perenes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, 44 (24,86%) encontravam-se degradadas, 107 perturbadas (60,45%) e apenas 26 (14,69%) encontravam-se preservadas (Tabela 13).

As principais perturbações encontradas nas nascentes foram: compactação do solo pelo gado e pelas práticas de preparo para o plantio de culturas agrícolas, presença de lixo, estrume, erosão, grandes voçorocas e desmatamento. A vegetação no entorno das nascentes é muito importante porque, além de reduzir a velocidade do escoamento superficial, permitindo uma maior permanência da água na superfície e, conseqüentemente, maior infiltração, age como filtro dos nutrientes, reduzindo a contaminação da água das nascentes. A Figura 14 ilustra três perturbações encontradas nas nascentes que se encontraram degradadas.

As nascentes pontuais representaram 53,11% das nascentes da sub-bacia (Tabela 13) e encontraram-se, em sua maioria, nas classes de 12-20% e 20-40% de declividade (Tabela 14). Estas classes de declive ocupam, respectivamente, áreas de relevo ondulado a forte-ondulado e áreas de relevo forte ondulado a montanhoso. Estas características possibilitam o encontro da camada impermeável do solo com a encosta, dando origem a este tipo de nascente.

Fato que pode justificar a presença de 39% das nascentes preservadas pontuais na classe de 20-40% de declividade é a presença de relevo forte ondulado a montanhoso que causa dificuldades e até mesmo problemas quanto à utilização de máquinas nesta classe de declive. Já a maioria das nascentes pontuais perturbadas e degradadas encontra-se em áreas com declive entre 12-20%, que chega a oferecer dificuldades ao uso de máquinas agrícolas, mas não impede seu uso, possibilitando a utilização das áreas no entorno das nascentes. Possivelmente, este fato determina os 87,91% do não cumprimento da legislação nas nascentes presentes nesta classe de declividade.

TABELA 13 Classificação das nascentes quanto ao grau de conservação e ao tipo de lençol a que estão associadas.

Tipo	Classificação						Total	
	Preservada		Perturbada		Degradada			
	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
Difusa	8	4,52	46	25,99	29	16,38	83	46,89
Pontual	18	10,17	61	34,46	15	8,48	94	53,11
Total	26	14,69	107	60,45	44	24,86	177	100,00



FIGURA 14 Fotos das diferentes perturbações das nascentes: a) ressecamento do solo pelo plantio de eucalipto; b) lixo; c) assoreamento;

A maioria das nascentes difusa está presente nas classes de 6-12% e 12-20%, localizando-se nos brejos, voçorocas, matas planas de altitudes mais baixas e relevo mais suave, nas áreas de baixada ou ainda em grotas bem largas e planas, permitindo a elevação do nível do lençol e conseqüente encharcamento do solo, ou seja, a formação de vários pontos os quais drenam água.

TABELA 14 Presença das nascentes nas respectivas classes de declividade da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Classes de declividade	Nascentes*						%
	Preservada		Perturbada		Degradada		
	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	
0-3	11	0	2	4	0	0	3
3-6	6	25	8	9	0	10	8
6-12	22	25	26	26	13	42	27
12-20	11	25	33	35	47	31	32
20-40	39	25	26	26	33	14	26
>40	11	0	5	0	7	3	4
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100

* % do número de nascentes

5.2.3 Situação atual da vazão das nascentes

Na Tabela 2A em anexo pode-se observar que algumas nascentes tiveram vazão igual a zero e, mesmo assim, foram consideradas como perenes. Esta classificação ocorreu pelo fato de que, nas nascentes pontuais, o ponto da nascente estava úmido e nas nascentes difusas, a água drenava pelo solo encharcado e se alojava em represas, sendo então consumidas pelo gado. Ou seja, não foi possível a medição da vazão nas duas condições citadas, mas se mostravam “ativas”, mesmo na estação seca do ano.

De modo geral, não houve relação entre os maiores valores absolutos de vazão e o estado de conservação das nascentes. Podem-se destacar, como exemplos de situações de nascentes preservadas, as de números 26 e 134, situadas, respectivamente, na Serra do Carrapato e do Jaci; como perturbada, a de número 104 e como degradada, a de número 59. A nascente com maior vazão encontrada na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz foi a de número 26, com $0,002083\text{m}^3/\text{s}$, estando em bom estado de conservação.

Analisando-se a Tabela 15, pode-se observar que as nascentes preservadas apresentaram, em média, os maiores valores de vazões, destacando-

se as nascentes pontuais. Já nas nascentes perturbadas e degradadas, as maiores vazões médias ocorreram nas nascentes difusas.

As maiores vazões das nascentes preservadas, perturbadas e degradadas não mostraram correlação significativa pelo teste t Student ($\alpha/2 = 2,5\%$; $v = 167$) com as maiores áreas de recarga. Este fato pode estar associado à profundidade do lençol freático, à declividade, ao tipo de solo e ao uso da terra nestas áreas de recarga.

TABELA 15 Resumo das vazões médias dos diferentes tipos de nascentes em seus diferentes estados de conservação

Tipo	Classificação			Total
	Preservada	Perturbada	Degradada	
	\bar{Q} (m ³ /s)	\bar{Q} (m ³ /s)	\bar{Q} (m ³ /s)	\bar{Q} (m ³ /s)
Difusa	0,000099	0,000210	0,000176	0,000187
Pontual	0,000210	0,000073	0,000149	0,000111
\bar{Q} (m ³ /s)	0,000176	0,000131	0,000167	

Q =vazão média

5.3 Caracterização física das áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

A localização das áreas de recarga das diferentes categorias de nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz está representada na Figura 15.

5.3.1 Declividade das áreas de recarga

A Tabela 16 apresenta a tabulação cruzada entre as classes de declividade e as áreas de recarga dos diferentes tipos de nascentes em seus diferentes estados de conservação.

Com exceção das áreas de recarga das nascentes preservadas difusas e

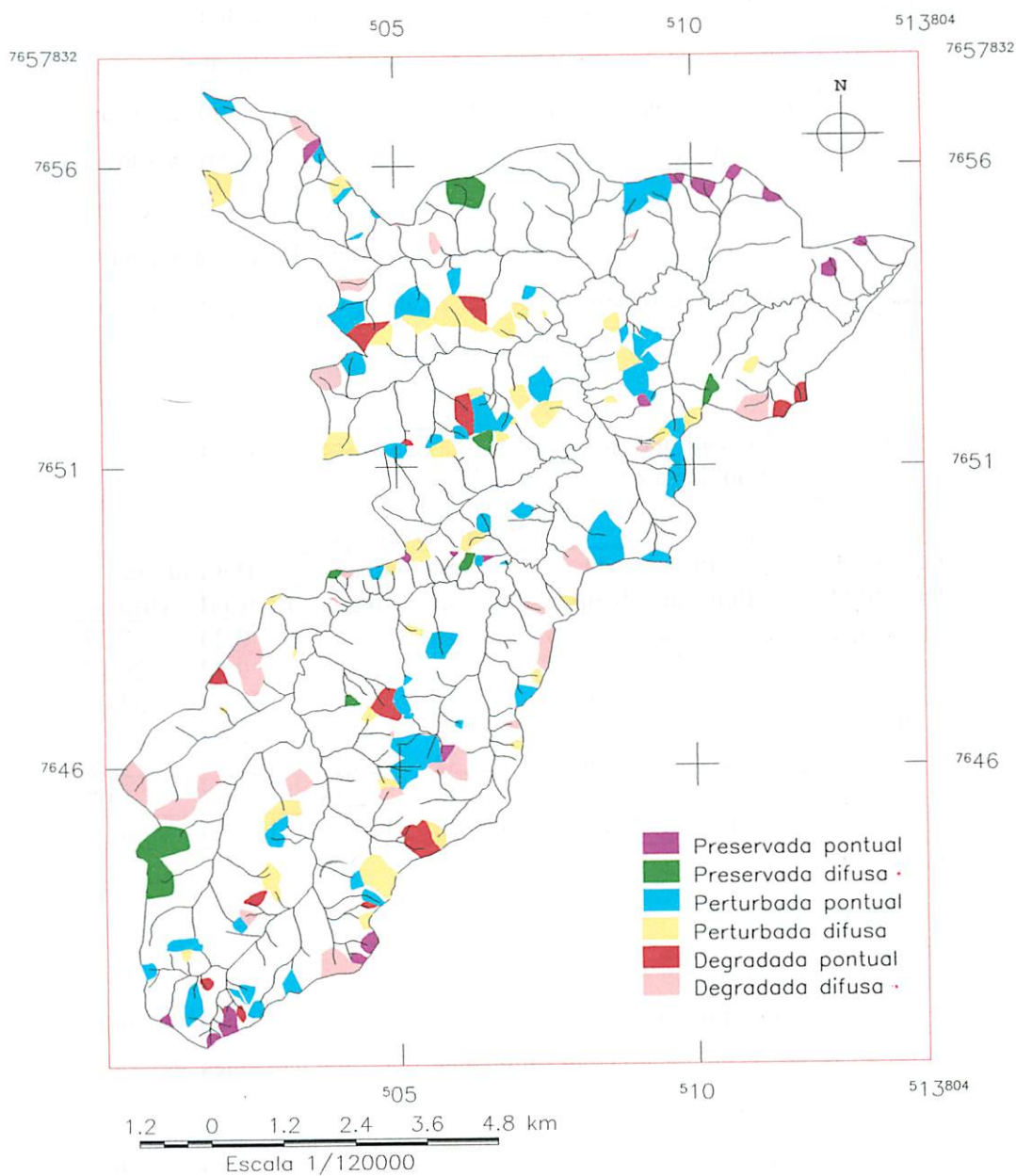


FIGURA 15 Mapa das áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

degradadas difusas, mais de 50% das áreas de recarga das nascentes estão localizadas em declives acima de 12%. Elas apresentam relevo ondulado a montanhoso, características que propiciam o escoamento superficial e a erosão (Rostagno, 1999) levando ao assoreamento das nascentes. Assim, o uso adequado da terra e práticas de conservação dos solos nestas áreas são de extrema importância para que possa permitir a interceptação da água da chuva, reduzir a quantidade e a velocidade do escoamento superficial, e aumentar a infiltração, possibilitando a recarga do lençol freático, que é responsável pela alimentação das nascentes.

TABELA 16 Declividade nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Classes de declividade	Área de recarga*					
	Preservada		Perturbada		Degradada	
	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa
0-3	1,52	7,25	2,15	3,13	3,23	7,37
3-6	2,23	16,43	6,80	8,29	9,42	20,15
6-12	14,74	30,71	27,21	27,14	30,40	32,01
12-20	25,90	24,29	31,15	32,67	32,43	26,07
20-40	39,04	19,15	25,32	26,59	21,45	13,38
>40	16,58	2,16	4,36	2,18	3,07	1,02
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

* % da área

5.3.2 Solos nas áreas de recarga

A Tabela 17 apresenta a tabulação cruzada entre as classes de solos mapeadas e as áreas de recarga dos diferentes tipos de nascentes em seus diferentes estados de conservação.

Como para as classes de declividade, as classes de solos encontradas nas áreas de recarga das nascentes seguem a tendência das classes de solos predominantes na sub-bacia.

TABELA 17 Solos nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Classes de Solos	Preservada		Perturbada		Degradada	
	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa
Gleissolos Háplicos e						
Neossolos Flúvicos	0	0	0,06	0,09	0	0,07
Latossolos (Várzea)	1,52	7,25	2,09	2,98	3,23	7,27
Latossolos (Topo)	16,97	47,15	34,01	34,80	39,82	52,18
Solos B texturais	38,49	32,20	44,37	44,41	42,22	32,3
Solos B texturais e esporadicamente						
Cambissolos	31,80	12,17	16,36	16,45	12,70	7,51
Cambissolos e						
Neossolos Litólicos	11,23	1,22	3,10	1,27	2,03	0,67
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A maioria das áreas de recarga das nascentes pontuais encontra-se sobre os solos B texturais que correspondem, principalmente, aos Argissolos localizados na classe de 12-20% de declividade. Também são encontradas significativas percentagens de áreas de recarga das nascentes pontuais na classe dos B texturais e esporadicamente Cambissolos com declive variando de 20-45%. Silva (1991), realizando a caracterização de ambientes agrícolas de B texturais da região de Lavras, descreveu que nestes solos, com relevo ondulado a montanhoso, a taxa de infiltração e retenção de água pode ser considerada boa, mas apresenta restrições no horizonte B. Este pode ser um dos fatores que justificam a menor vazão média das nascentes pontuais em relação às nascentes difusas.

A maioria das áreas de recarga das nascentes preservadas difusas e degradadas difusas está ocupada pelos Latossolos que apresentam alta taxa de infiltração (Lima, 1987), têm boa capacidade de retenção de água, são profundos e acentuadamente drenados (Giarola, 1994). Estas características favorecem a recarga do lençol freático e conseqüente alimentação das nascentes. Já as áreas

de recarga das nascentes perturbadas difusas apresentam, predominantemente, solos B texturais, apresentando as restrições descritas para as áreas de recarga das nascentes pontuais.

5.3.3 Uso da terra nas áreas de recarga

Na Tabela 18 encontra-se a tabulação cruzada das classes de uso da terra mapeadas com as áreas de recarga das nascentes e na Tabela 19 a tabulação cruzada do uso indevido nas APP e áreas com 20% a 45% de declividade com as áreas de recarga das nascentes.

O levantamento do uso da terra nas áreas de recarga é importante, porque não apenas a proteção da vegetação natural no entorno das nascentes assegura a conservação de sua perenidade e qualidade de suas águas. Seria adequado que as partes mais elevadas da paisagem, áreas de declive acentuado que facilitam o escoamento superficial, estivessem cobertas por vegetação nativa. Esta vegetação propicia uma maior infiltração da água das chuvas no solo e conseqüente recarga do lençol freático e alimentação das nascentes. Estas áreas são as áreas de recarga da sub-bacia, ou seja, são as áreas que alimentam os lençóis, impedindo que toda água da chuva seja drenada pelo leito dos rios.

O uso da terra predominante nas áreas de recarga das nascentes foi a pastagem, ocupando 49,72% da área total, seguido pelo cultivo agrícola (15,47%), mata nativa (12,46%) e campo limpo (11,43%). Observou-se que a presença de vegetação nativa (mata e campo limpo) nas áreas de recarga foi significativamente superior nas nascentes preservadas. Por outro lado, de modo geral, a ocupação das áreas de recarga com pastagem, cultivo agrícola e café aumentaram nas nascentes perturbadas e degradadas. Portanto, as nascentes preservadas, além de terem um raio de 50 metros de vegetação nativa, apresentaram em suas áreas de recarga a maior porcentagem de vegetação natural quando comparada com as perturbadas e degradadas, ajudando na

TABELA 18 Uso da terra nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Uso da terra	Preservada		Perturbada		Degradada		Área (%)
	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	Pontual	Difusa	
Mata nativa	20,48	20,63	12,52	9,79	3,81	7,51	12,46
Capoeira	0	2,59	0,90	4,86	0,58	1,85	1,80
Cult. agrícola	0,39	16,78	2,59	14,12	46,58	12,33	15,47
Pastagem	31,03	54,79	40,06	63,98	42,47	65,98	49,72
Eucalipto	0	0	0,28	0,15	0,63	1,94	0,50
Água	0	0	0,01	0,11	0	0,19	0,05
Solo exposto	0	0	0,77	0,31	4,26	3,72	1,51
Aeroporto	0	0	0	1,80	0	0,93	0,46
Café	1,75	0,33	35,99	1,55	0,09	0	6,62
Campo limpo	46,34	4,89	6,89	3,33	1,57	5,55	11,43
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

conservação dos recursos hídricos da sub-bacia. Pode-se inferir que esta condição seja o motivo pelo qual as nascentes preservadas apresentaram o maior valor médio das vazões.

Atenção especial deve ser dada às áreas de recarga das nascentes degradadas, principalmente as pontuais, por apresentarem 46,58% de sua área de recarga ocupada por culturas agrícolas. Segundo Kondo (1998), solos sob condição de cultura anual na camada superficial de 0-3 cm são mais susceptíveis à compactação do que aqueles sob mata natural e pastagem. Esta camada superficial compactada, além de reduzir a infiltração da água da chuva que abasteceria os lençóis e asseguraria a perenidade das nascentes, promove a erosão, carregando partículas sólidas e fertilizantes para os cursos d'água e nascentes. Este fato é apresentado no trabalho de Oliveira (1979), o qual, ao comparar áreas sob cultivo agrícola com pasto natural no município de Lavras, verificou que a área sob cultivo apresentou problemas quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, bem como aeração e movimentação de

água no perfil, tendo também uma maior predisposição à erosão em função da redução da macroporosidade.

As áreas de recarga das nascentes ocupam uma área de 1.404ha (16,14%) da sub bacia do Ribeirão Santa Cruz dos quais 131ha (9,3%) apresentaram uso conflitante do ponto de vista técnico em áreas com declividade entre 20% a 45% e pela legislação (Tabela 19). Dentre os principais usos conflitantes destacaram-se a pastagem (78,45%), culturas agrícolas (15,94%), café (2,58%), eucalipto (1,87%) e solo exposto (0,48%).

As áreas das APP e as áreas com declividade entre 20% a 45% representam 36,18% das áreas de recarga, das quais 25,78% apresentaram algum tipo de uso conflitante. As áreas de recarga das nascentes preservadas são as que apresentaram o menor valor percentual de uso conflitante (4,12%), seguida pelas áreas de recarga das nascentes degradadas (9,89%) e perturbadas (10,29%) (Tabela 19).

TABELA 19 Uso conflitante da terra nas APP e áreas com 20% a 45% de declividade localizadas nas áreas de recarga das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Categorias das nascentes	ÁREA (HA)		USO NAS ÁREAS DAS APP E DE 20% A 45% DE DECLIVE				Uso conflitante das áreas de recarga (%)
	Áreas de recarga	APP e 20 a 45% de declive	Adequado		Inadequado		
			ha	%	ha	%	
PrP	80	50	46	92	4	8	
PrD	114	32	28	87	4	13	4,12
PP	502	198	154	77	47	24	
PD	324	125	87	70	38	30	10,29
DP	120	41	25	61	16	39	
DD	264	62	38	61	22	35	9,89
Total	1404	508	377	74,22	131	25,78	

PrP = preservada pontual; PrD = preservada difusa; PP = perturbada pontual; PD = perturbada difusa; DP = degradada pontual; DD = degradada difusa.

A alta percentagem de uso indevido da terra nas áreas de recarga das nascentes perturbadas pontuais, aliada ao valor contrastante da percentagem da área de café (35,99%) (Tabela18), quando comparada com a área ocupada nas outras classificações das nascentes, pode estar interferindo na capacidade de infiltração dessas áreas, as quais apresentaram o menor valor médio das vazões (0,000073 m³/s).

Considerando que a ocupação principal das áreas de recarga é com atividades agropastoris e a importância destas atividades para a economia da região, considera-se que é necessário um efetivo acompanhamento das práticas de conservação de solos utilizadas nas propriedades.

6 CONCLUSÕES

Das 177 nascentes perenes na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, 44 (24,86%) encontravam-se degradadas, 107 perturbadas (60,45%) e apenas 26 (14,69%) encontravam-se preservadas.

A sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz apresenta cerca de 50% de sua área com relevo ondulado a montanhoso, o que facilita o escoamento superficial e aumenta a necessidade de proteção das áreas de recarga do lençol freático.

A área de preservação permanente total considerada neste estudo representa 17,5% da área total da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, onde 58,0% encontravam-se com uso conflitante. A categoria que apresentou maior conflito foi a APP das encostas, seguida pelas APPs nas categorias de vegetação ciliar no entorno de cursos d'água e nascentes.

As áreas de recarga das nascentes ocupam uma área de 1.404ha da sub-bacia, dos quais 9,3% estavam ocupados por algum tipo de uso conflitante.

As áreas das APP e as áreas com declividade entre 20% a 45% ocupam 36,18% das áreas de recarga das nascentes, dos quais 25,78% apresentavam algum tipo de uso conflitante.

As áreas de recarga das nascentes preservadas foram as que apresentaram o menor valor percentual de uso conflitante (4,12%), seguidas pelas áreas de recarga das nascentes degradadas (9,89%) e perturbadas (10,29%).

As maiores áreas de recarga não mostraram correlação com as maiores vazões das nascentes. No entanto, as áreas de recarga que apresentaram as menores áreas com uso conflitante tiveram as maiores vazões.

Considerando a área total de APP (17,5%) e a reserva legal de 20% definidos por lei, cerca de 37,5% da área da sub-bacia deveriam estar ocupados

com vegetação nativa, o que resulta em uma diferença de 11,76%, em relação ao valor de 25,74% encontrado.

Os resultados mostraram que existe a necessidade de um plano de recomposição da vegetação das APPs em estudo, uma vez que os desmatamentos e outros usos incorretos dos solos podem refletir na quantidade e qualidade da água da sub-bacia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; RESENDE, R. J. T. P. de; ESTEVES, D. R.; ROSA, E. R. Diagnóstico ambiental do Município de Lavras com base em dados do meio físico: III – Estratificação em classes de declive. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. *Anais....* Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v. 4, p. 356-358.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1989. 596 p.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., 1985, Maringá. *Anais...* Curitiba: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985. 372 p.

BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1986. 57 p. (IAC. Circular, 20).

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução n. ° 303, de 20 de mar de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 07 set. 2002a.

BRASIL. **Lei n. 4. 771**, 15 set. 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L4771.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002b.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Capítulo 1: Apresentação. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 16 jun. 2002.

CARNIEL, T.; VALE, F. R. do; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. **Atividade agrícola e recursos naturais na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/ Camargos (MG)**. Belo Horizonte: CEMIG, 1994. 65 p.

COSTA, B. M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. *Anais . . . Piracicaba*, 1978. p. 5-27.

CURI, N.; LIMA, J. M. de; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras, MG. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 14, n. 3, p. 297-307, set./dez. 1990.

De BIASE, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista de Geografia*, São Paulo, v. 6, p. 45-60, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

GIAROLA, N. F. B. **Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do Reservatório de Itutinga/Camargos (MG)**. 1994. 226 p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

GUIMARÃES, L. T. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ**. 2000. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.labgis.uerj.br/publicacoes/lucy/index.htm>>. Acesso em: 09 out. 2001.

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LIMA, J. M. de. **Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG)**. 1987. 86 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

MOREIRA, A. A. Identificação de conflito no uso da Terra em uma microbacia hidrográfica. 1999. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, A. de; FERREIRA, E. Caracterização de sub-bacias hidrográficas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 64 p. (Textos Acadêmicos. Curso de pós-graduação “Lato Sensu” (especialização) a Distância. Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas).

OLIVEIRA, L. T. Fragmentos de floresta atlântica semidecidual no município de Lavras: uma comparação ecológica entre a cobertura atual e a cobertura exigida pela legislação. Lavras: UFLA, 2000. 103 p. (Monografia - Curso de Engenharia Florestal).

OLIVEIRA, M. de. Comportamento de características e propriedades físicas de um podzólico vermelho amarelo sob condições de pasto natural e cultivado na região de Lavras, Minas Gerais. 1979. 136 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

PARISE, F. J. de O. Análise temporal do uso da terra em uma microbacia hidrográfica no município de Piracicaba, SP, por meio de técnicas de geoprocessamento. 1999. 114 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PEREIRA, R. de A. Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no município de Viçosa, MG. 1999. 203 p. Tese– (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; NÓBREGA, A. M. F.; VALERI, S. V. Avaliação da cobertura vegetal natural e agrícola da cabeceira da bacia hidrográfica de córrego Rico, município de Monte Alto, SP. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. Anais... Rio de Janeiro, 2000. p. 249-250.

RESENDE, R. J. T. P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do sul de Minas Gerais por meio do SPRING**. 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de interpretação de aerofotogramas**. 2. ed. ✓
Santa Maria, RS: UFSM, 1985. 83 p.

ROSTAGNO, L. S. C. da. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci-MG**. 1999. 66 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SERRA, E. L. **Avaliação da degradação ambiental de três microbacias hidrográficas no município de Lavras, MG**. 1993. 153 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, V. L. A. da. **Caracterização de ambientes agrícolas de podzólicos da região de Lavras (MG) e interpretação para uso e manejo**. 1991. 63 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, A. C. **Relação entre voçorocas e solos na região de Lavras (MG)**. 1990. 133 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptado a um sistema universal**. [s. 1.]: IBEGE, 1991. 123 p.

VILELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill do Brasil, 1975. 245 p.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DA VEGETAÇÃO E PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DAS NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA CRUZ, LAVRAS, MG

1 RESUMO

PINTO, Lilian Vilela Andrade. **Estudo da vegetação e propostas de recuperação das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.** Lavras: UFLA, 2003. 62 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Ambiental) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*

Os objetivos deste estudo foram (a) conhecer a composição florística do estrato arbóreo e da regeneração natural das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz e (b) selecionar espécies para serem utilizadas na revegetação das nascentes degradadas e perturbadas da sub-bacia. Os levantamentos florístico e estrutural foram realizados em doze nascentes, sendo três para cada uma das seguintes categorias: perturbada pontual, perturbada difusa, degradada pontual e degradada difusa. Em cada nascente foram demarcadas 4 parcelas de 50x10m para inventariar floristicamente os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 5cm e 20 parcelas de 2x10m para inventariar floristicamente os indivíduos da regeneração natural com DAP inferior a 5cm e altura superior a 10cm. Para a comparação do perfil florístico do estrato arbóreo e da regeneração natural entre as doze nascentes amostradas, empregou-se a análise de correspondência retificada (DCA) e análise de agrupamento de cluster. No levantamento estrutural foram registrados 6851 indivíduos distribuídos em 224 espécies, 127 gêneros e 54 famílias botânicas. Os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') calculado para as doze nascentes em conjunto, foram, respectivamente, de 3,889 e 0,719. Uma maior diversidade de espécies foi encontrada nas nascentes pontuais perturbadas (160) e degradadas (126), quando comparadas com as nascentes difusas perturbadas (70) e degradadas (49). Há predomínio de espécies de estádios iniciais nas nascentes degradadas e de estádios mais avançados nas perturbadas. A densidade de indivíduos é superior nas nascentes perturbadas. A partir da

* Comitê Orientador: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Orientadora), Elizabeth Ferreira - UFLA e Antonio Claudio Davide – UFLA (Co-orientadores).

observação de distinção entre as espécies de maior ocorrência, na regeneração natural, entre as diferentes categorias de nascentes, foi possível indicar as espécies preferenciais para cada estado de conservação e condições de ambiente (solo úmido ou bem drenado).

Palavras-chave: nascente, mata ciliar, composição florística, recuperação, regeneração natural.

2 ABSTRACT

PINTO, Lilian Vilela Andrade. **Study of the vegetation and recuperation proposals of the springs of the Santa Cruz Stream's sub-watershed, Lavras, MG.** Lavras: UFLA, 2003. 62p. (Master Dissertation in Environmental Management).

The objectives of this study were: (a) to survey the floristic composition of the arboreal stratum and of the natural regeneration of the springs of the Santa Cruz Stream's sub-watershed and (b) to select species to be used for reforestation of degraded and disturbed springs of the sub-watershed. The floristic and structural surveys were done in twelve springs, with three springs for each one of the following categories: punctual disturbed; diffuse disturbed; punctual degraded and diffuse degraded. In each spring 4 parcels of 50 x 10m were delimited in order to perform the floristic inventory of the arboreal individuals with diameter at breast height (DBH) \geq 5cm and 20 parcels of 2 x 10m to perform the floristic inventory of the individuals of the natural regeneration with a DBH inferior to 5cm and height superior to 10cm. Detrended correspondence analysis (DCA) and cluster analysis were used to compare, among the sampled springs, the floristic profile of the arboreal stratum and of the natural regeneration. In the vegetation structural survey, were registered 6851 individuals, distributed in 224 species, 127 genus and 54 botanical families. The diversity index of Shannon-Weaver (H') and the equality index of Pielou (J'), calculated for the set of 12 springs, were, respectively, 3,889 and 0,719. A relative high diversity of species was found in the punctual disturbed (160) and degraded (126) springs, when compared to the diffuse disturbed (70) and degraded (49) springs. There is predominance of species on initial stages at the degraded springs and of more advanced stages in the disturbed ones. The density of individuals is superior in the disturbed springs. From the distinction shown by DCA among the most common species in the natural regeneration as a function of different springs categories, it was possible to indicate the preferential species to be used for reforestation in each state of conservation and environmental conditions (humid soil or well drained).

Keywords: spring, riparian forest, floristic composition, recuperation, natural regeneration.

Adviser Committee: Soraya Alvarenga Botelho – UFLA (Adviser), Elizabeth Ferreira – UFLA and Antônio Cláudio Davide – UFLA (Co-Advisers).



3 INTRODUÇÃO

A mata ciliar ocupa as áreas mais sensíveis da bacia, ou seja, localiza-se às margens da rede hidrográfica, ao redor de nascentes e em áreas saturadas, desempenhando influência direta na hidrologia da bacia (Zakia, 1998). Segundo Lima (1989), sua presença contribui tanto para diminuir a ocorrência do escoamento superficial que pode causar erosão e arraste de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água, quanto para desempenhar um efeito de filtragem superficial e subsuperficial dos fluxos de água para os canais.

Estas formações vegetais são sistemas particularmente frágeis face aos impactos promovidos pelo homem, pois, além de conviverem com a dinâmica erosiva e de sedimentação dos cursos d'água, localizam-se no fundo de vales (Van den Berg, 1995), que correspondem às áreas de uma bacia hidrográfica onde, comumente, ocorrem os solos mais férteis e úmidos. Por isso, as matas ciliares são tão propensas a derrubadas, dando lugar às atividades agrícolas (Botelho & Davide, 2002; Oliveira Filho et al., 1994a).

Ao longo dos anos, estas formações vegetais têm sido submetidas a impactos antrópicos devastadores. Como consequência, várias regiões do Brasil estão hoje reduzidas a fragmentos esparsos, a maioria profundamente perturbada (Carvalho et al., 1999), colocando em risco a diversidade da fauna aquática e silvestre (Van den Berg, 1995).

Para Simões (2001), a restauração da zona ripária constitui um dos fatores que, conjuntamente com outras práticas conservacionistas, compõem o manejo adequado da bacia, para fins de garantir a quantidade e qualidade da água e a biodiversidade.

Na caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, constatou-se que 85,31% das 177 nascentes perenes encontram-se em

desacordo com o que é estabelecido no artigo 2º do Código Florestal/65. Dentre as principais perturbações encontradas nestas nascentes destacam-se: compactação do solo pelo pisoteio do gado e pelas práticas de preparo do solo para o plantio de culturas agrícolas; presença de lixo; estrume; erosão; grandes voçorocas; falta de cerca no entorno das nascentes e desmatamento, deixando as nascentes muito pouco vegetadas.

Esta situação mostra a necessidade de recuperação e conservação destas nascentes. Para isso, é necessária a elaboração de um plano de conscientização dos produtores rurais quanto à importância das nascentes para sua propriedade rural e para a população a jusante das mesmas.

Em geral, a vegetação das nascentes é bastante diversa e existe carência no que diz respeito ao conhecimento da fisionomia e da florística de sua vegetação.

Assim, os objetivos deste estudo foram: a) conhecer a composição florística do estrato arbóreo e da regeneração natural das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz e b) selecionar espécies a serem utilizadas na revegetação das nascentes degradadas e perturbadas da sub-bacia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Áreas de estudo e seleção das nascentes amostradas

Após a classificação das 177 nascentes perenes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz quanto ao grau de conservação, estas foram divididas em pontuais e difusas formando as seis categorias de estudo: preservada pontual (PrP), preservada difusa (PrD), perturbada pontual (PP), perturbada difusa (PD), degradada pontual (DP) e degradada difusa (DD). Com o intuito de conhecer as espécies mais adaptadas ao ambiente degradado e perturbado das nascentes foi realizado o sorteio de três nascentes para cada categoria (degradadas e perturbadas). Nestas 12 nascentes (Tabela 20 e Figura 16) foram realizados os levantamentos florísticos do estrato arbóreo e da regeneração natural.

TABELA 20 Caracterização das nascentes amostradas quanto ao grau de conservação, tipo, código, posição geográfica e vazão.

Nº da nascente	Grau de conservação	Tipo de nascente	Código	Latitude	Longitude	Vazão (m ³ /s)
139	Perturbada	Pontual	PP1	502025	7643422	0,000143
161	Perturbada	Pontual	PP2	504442	7652254	0,000032
48	Perturbada	Pontual	PP3	504640	7649278	0,000028
99	Perturbada	Difusa	PD1	504211	7651483	0,000030
15	Perturbada	Difusa	PD2	502518	7643641	0,000146
96	Perturbada	Difusa	PD3	505915	7651331	0,000928
4	Degradada	Pontual	DP1	502279	7642117	0,000013
28	Degradada	Pontual	DP2	505014	7644797	0,000191
56	Degradada	Pontual	DP3	504734	7647166	0,000212
121	Degradada	Difusa	DD1	503208	7656548	0,000123
41	Degradada	Difusa	DD2	501382	7646689	0,000298
16	Degradada	Difusa	DD3	502493	7643620	0,000129

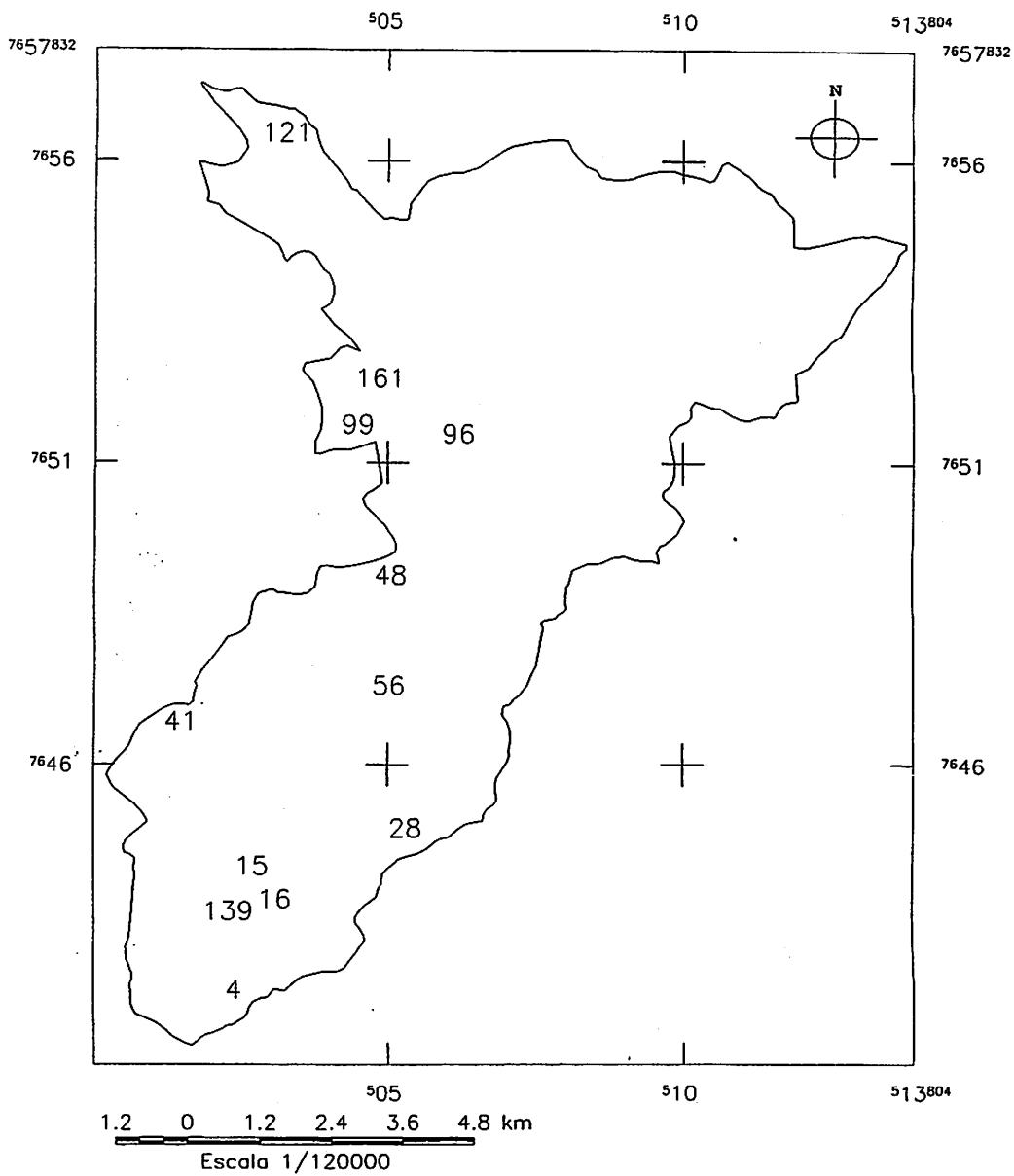


FIGURA 16 Mapa da localização das nascentes amostradas na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

4.2 Levantamento florístico do estrato arbóreo e da regeneração natural

Para o levantamento florístico, tanto do estrato arbóreo como da regeneração natural, foi empregado o método de amostragem sistemática, em parcelas de área fixa, de modo que a disposição das parcelas captasse a variação das espécies ao longo do gradiente de umidade no entorno das nascentes. Para isso, todas as plantas em estudo foram locadas no campo, ou seja, foram quantificadas suas posições X e Y dentro das parcelas.

As parcelas para avaliação florística do estrato arbóreo foram demarcadas no sentido dos raios a partir da nascente (Figura 3). Para cada nascente amostrada foram demarcadas quatro parcelas distribuídas acima (R1), abaixo (R2), à direita (R3) e à esquerda (R4) da nascente (Figura 17). Foram utilizadas parcelas de 500m² (50 x 10m), totalizando uma área amostral de 2000m² para cada nascente. Deve-se salientar que a parcela no sentido R2 seguiu o leito do curso d'água, para um melhor conhecimento das espécies de ambiente úmido. Em cada parcela, foram registrados e identificados todos os indivíduos arbóreos vivos com DAP (diâmetro a altura do peito) \geq a 5cm. Os indivíduos bifurcados foram incluídos no levantamento do estrato arbóreo quando pelo menos um de seus troncos atendia ao critério de DAP mínimo do estrato arbóreo.

Para a avaliação florística da regeneração natural foram demarcadas 5 parcelas de 20m² (10 x 2m) equidistantes em 10m dentro de cada parcela do estrato arbóreo (Figura 17), totalizando 20 parcelas com uma área amostral de 400m² para cada nascente amostrada. Foi feito o levantamento florístico de todas as plantas com DAP inferior a 5 cm e altura superior a 10 cm.

O período de coleta se estendeu de abril a outubro de 2002. O material botânico coletado foi identificado pela comparação com exsiccatas existentes no Herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário ESAL), consulta à literatura clássica taxonômica e a especialistas da UFLA.

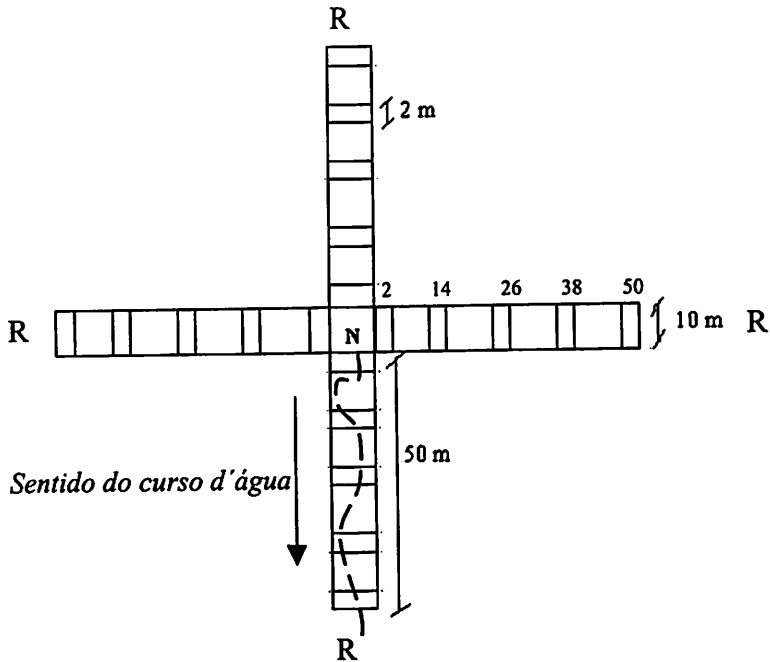


FIGURA 17 Disposição das parcelas do extrato arbóreo e da regeneração natural.

As espécies foram classificadas segundo o seu grupo ecológico, adotando-se a metodologia descrita por Swaine e Whitmore (1988) com modificações sugeridas por Oliveira-Filho et al. (1994c) nas seguintes categorias: pioneiras (P), clímax exigente de luz (L) e clímax tolerante à sombra (S).

4.2.1 Similaridade florística

Segundo Kageyama & Gandara (1993), espécies raras são aquelas que apresentam densidade de, no máximo, um indivíduo por hectare. Neste trabalho, foram consideradas como espécies raras, aquelas presentes em menos de três nascentes. Estas espécies não contribuem nas análises de similaridade florística

entre as nascentes e, portanto, foram eliminadas das matrizes de presença/ausência das espécies amostradas no estrato arbóreo e na regeneração natural.

A comparação da composição florística das doze nascentes do presente trabalho foi feita com o intuito de se determinar o grau de similaridade florística entre o tipo e o estado de conservação das nascentes amostradas.

Para a interpretação das relações florísticas entre fragmentos no entorno das doze nascentes foram empregadas duas técnicas de análise multivariada. A primeira consistiu de uma ordenação não paramétrica pela análise de correspondência retificada (DCA), a qual produz um diagrama de ordenação onde as áreas se distribuem de acordo com maior ou menor similaridade entre si (Hill & Gauch, 1980). A segunda consistiu de uma análise de agrupamento de cluster por meio do cálculo dos coeficientes de similaridade de Jaccard (S_j), utilizando a seguinte expressão:

$$S_j = \frac{c}{a + b - c}$$

em que:

c = número de espécies em comum entre as áreas comparadas

a = número total de espécies na área a

b = número total de espécies na área b

Ambas as análises foram realizadas pelo programa PC-ORD for Windows versão 4.14 (McCune & Mefford, 1999) a partir das seguintes matrizes: a) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas tanto no estrato arbóreo como na regeneração natural; b) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas na regeneração natural; c) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas no estrato arbóreo.

4.2.2 Diversidade florística

Para a estimação da diversidade florística ocorrente entre as nascentes e entre as quatro categorias de nascentes em estudo foi utilizado o índice de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') (Brower & Zar, 1984). O índice de diversidade de Shannon-Weaver, em florestas tropicais, tende a aumentar, à medida que a vegetação se aproxima do estágio clímax (Almeida Júnior, 1999). Este índice é calculado com base na relação entre o número de indivíduos de cada espécie e o número total de indivíduos amostrados por intermédio das seguintes expressões:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} * \ln \frac{n_i}{N}$$

em que:

H' = Índice de Shannon-Weaver;

$i = 1 \dots n$;

s = número de espécies vivas amostradas;

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos amostrados; e

\ln = logaritmo neperiano

O índice de equabilidade de Pielou (J') foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$J' = \frac{H'}{H \max}$$

Onde:

H' = índice de Shannon-Weaver;

H_{\max} (diversidade máxima) = $\ln s$, sendo s o número de espécies.

4.3 Parâmetros fitossociológicos

Para descrever a estrutura do estrato arbóreo e da regeneração natural foram estimados, para todas as espécies amostradas, os seguintes parâmetros fitossociológicos clássicos de Mueller-Combois & Ellenberg (1974): densidade absoluta (a qual indica o número total de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área) e frequência absoluta (a qual expressa a porcentagem de parcelas em que cada espécie ocorre). Os cálculos foram processados com auxílio do programa Excel, utilizando as seguintes expressões:

Densidade absoluta $DA_i = N_i / A$

Frequência absoluta $FA_i = (P_i / T) \times 100$

em que:

N_i = número de indivíduos da espécie i ;

A = área amostral em ha;

P_i = número de parcelas com presença da espécie i ;

T = número de parcelas amostradas.

Apenas os resultados estruturais de interesse silvicultural das espécies consideradas como não raras do estrato arbóreo e da regeneração natural foram apresentados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição florística

A listagem de todas as espécies amostradas nas doze nascentes é apresentada na Tabela 21.

Nas doze nascentes amostradas foram identificados 6.851 indivíduos distribuídos em 224 espécies, 127 gêneros e 54 famílias botânicas. Dentro das parcelas para a avaliação do estrato arbóreo (A) foram amostrados 1.836 indivíduos distribuídos em 120 espécies e 44 famílias, resultando em uma densidade de 1.279 indivíduos/ha. Nas parcelas para a avaliação da regeneração natural (R) foram amostrados 5.015 indivíduos distribuídos em 210 espécies e 51 famílias, resultando em uma densidade de 10.448 indivíduos/ha.

As nascentes perturbadas, além de terem apresentado maior número de espécies (176) em relação às nascentes degradadas (143), apresentaram ainda, uma densidade bem superior, com valores de 1795 indivíduos/ha e 642 indivíduos/ha no estrato arbóreo e 18.020 indivíduos/ha e 8.321 indivíduos/ha na regeneração natural, respectivamente. Estes dados confirmam o grau de degradação observado na classificação das nascentes.

Nas nascentes pontuais foram amostradas 204 espécies, um número bem expressivo, quando comparado com as 96 espécies amostradas nas nascentes difusas. Esta baixa diversidade de espécies nas nascentes difusas pode estar associada às características de seu ambiente, que apresenta uma maior disponibilidade de água, uma vez que, segundo Oliveira-Filho et al. (1994a); Oliveira-Filho et al. (1994c) e Souza (2001), o regime de água é o principal fator ambiental associado à distribuição das espécies.

Dentre as famílias que apresentaram o maior número de espécies destacam-se: Myrtaceae (32), Melastomataceae (21), Lauraceae (17), Rubiaceae

TABELA 21 Relação das espécies arbustivo-arbóreas registradas nas nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. As espécies presentes na regeneração natural (R) e no estrato arbóreo (A) das nascentes degradadas e perturbadas difusas e pontuais, encontram-se acompanhadas de sua família; do nome científico; do nº de registro do herbário da ESAL e do grupo ecológico (GE): pioneiras (P), secundárias (S), clímax (L) e não classificadas (NC).

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro	
	difusa			pontual			difusa			pontual					
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3			
ANACARDIACEAE															
Lithraea molleoides (Vell.) Engler		R	RA	R	RA	A	A	RA		A	RA	A	P	17434	
Mangifera indica L.			A											1945	
Schinus terebinthifolius Raddi			RA				RA	RA	R		RA		P	14829	
Tapirira guianensis Aublet	RA	RA	A	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	P	16994	
Tapirira obtusa (Benth.) Mitchell						A		R		A		RA	L	17436	
ANNONACEAE															
Duguetia lanceolata A.St.-Hil.													R	S	14774
Guatteria nigrescens Mart.						A							R	S	17439
Rollinia laurifolia Schldt.							RA			R	R			L	15962
Rollinia sylvatica (A.St.-Hil.) Mart.							RA	RA				A		L	16728
APOCYNACEAE															
Aspidosperma parvifolium A.DC.								R						L	14400
AQUIFOLIACEAE															
Ilex cerasifolia Reissek							A					R	RA	S	14271

DD1, DD2 e DD3 = degradadas difusas; DP1, DP2, DP3 = degradadas pontuais; PD1, PD2, PD3 = perturbadas difusas; PP1, PP2, PP3 = perturbadas pontuais

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
ARALIACEAE														
Dendropanax cuneatus (DC.) Decne & Planchon		R		A	R	RA		RA	A	RA	R	RA	S	13331
ARECACEAE														
Geonoma schottiana Mart.										R			S	16385
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman					A	R				R	A	A	L	16903
ASTERACEAE														
Baccharis oxyodonta DC.			R										nc	163
Dasyphyllum vagans (Gardner) Cabrera						R							nc	185
Eupatorium laevigatum Lam.			R										L	8541
Gochnatia paniculata (Less.) Cabrera				R	RA	R				RA	A		P	11270
Gochnatia polymorpha (Less.) Cabrera												R	P	13440
Piptocarpha rotundifolia (Less.) Baker						RA							nc	6159
Vernonanthura diffusa (Less.) H.Robinson	R	R	R	RA	R	R		R		R	R		P	12800
BIGNONIACEAE														
Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols			R	RA		R				R			S	16753
BORAGINACEAE														
Cordia trichotoma (Vell.) Arrab.				RA		R		A					L	11174

'continua'...

TABELA 21, cont.

	Degradada		Perturbada				Registro							
	difusa	pontual	difusa	pontual	PP1	PP2		PP3						
Famílias e espécies	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3	GE*	
BURSERAACEAE														
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aublet) Marchand		RA	RA	A	RA	RA	R	RA	R	RA	R	RA	L	13602
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engler					R	RA							S	16759
<i>Protium widgrenii</i> Engler				RA		R							L	12159
CANELLACEAE														
<i>Cinnamodendron dimisii</i> Schwacke												RA	S	17081
CECROPIACEAE														
<i>Cecropia glaziovii</i> Snehl.						RA							P	16403
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	A	RA	RA	A	A	RA	A	A	R	RA			P	15505
CELTIDACEAE														
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacquin) Sargent				R	RA	RA				RA	RA		P	16940
<i>Celtis pubescens</i> Sprengel							R						P	17001
CHLORANTHACEAE														
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart.								RA	RA	RA	RA		L	15170
CLETHRACEAE														
<i>Clethra scabra</i> Pers.			A			R							L	10628
CLUSIACEAE														
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.							R		RA		R		S	12844
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planchon & Triana) Zappi						A							S	16454
<i>Vismia brasiliensis</i> Choisy	R			R					A				L	15508

, continua ...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro					
	difusa			pontual			difusa			pontual									
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3							
CUNONIACEAE																			
Lamanonia ternata Vell.												RA		L	15965				
EBENACEAE																			
Diospyros inconstans Jacquin														R	L	14821			
ELAEOCARPACEAE																			
Sloanea monosperma Vell.														R	S	12809			
ERYTHROXYLACEAE																			
Erythroxylum ambiguum Peyr.														R	R	nc	3527		
Erythroxylum deciduum A.St.-Hil.		R	RA			RA	R			RA				RA	R	S	11231		
Erythroxylum pelleterianum A.St.-Hil.															R	S			
EUPHORBIACEAE																			
Alchornea glandulosa Poepp. & Endl.														R		P	16783		
Croton floribundus Sprengel																R	P	12812	
Croton urucurana Baillon										R	RA						P	13191	
Hyeronima alchorneoides Fr.Allem.																A	L	15379	
Hyeronima ferruginea Müll.Arg.															A		L	12835	
Pera glabrata (Schott) Poepp.																R	L	16442	
Sapium glandulosum (L.) Morong																	L	16443	
Sapium obovatum Klotzsch																	R	nc	7442
Savia dictyocarpa (Müll.Arg.) Müll.Arg.																	R	S	15383

' continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro	
	difusa			pontual			difusa			pontual					
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3			
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Sprengel												A	S	16788	
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baillon) Smith & Downs												RA	P	16789	
FABACEAE CAESALPINIOIDEAE															
<i>Bauhinia forficata</i> Link						R								L	15596
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bongard) Steudel							R	R	RA		R			L	12452
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad.						R								L	12869
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.						R	RA	RA	R		R	RA	RA	S	12861
<i>Senna macranthera</i> (Vell.) Irwin & Barneby												R		P	11558
FABACEAE FABOIDEAE															
<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.													R	L	17129
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) Az. Tozzi & H.C. Lima						R								L	17018
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassler						R								L	
<i>Lonchocarpus subglaucescens</i> Mart. ex Benth.						R								nc	
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel													A	L	15797
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld							RA	A				RA	RA	L	16847
<i>Machaerium nictitans</i> (Vell.) Benth.	A		R	A	R	RA		RA		RA	R	A		L	17021
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel			R			R						R		L	17019
<i>Machaerium villosum</i> Vogel						R		R						L	16844
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	A			R	R	R								L	14817

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro	
	difusa			pontual			difusa			pontual					
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3			
FABACEAE MIMOSOIDEAE															
<i>Acacia glomerosa</i> Benth.				R	RA	R							L	16849	
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip						RA							L	12871	
<i>Inga striata</i> Benth.				RA		RA							L	12869	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.					A					RA			P	12867	
FLACOURTIACEAE															
<i>Casearia arborea</i> (L.C.Rich.) Urban										R			L	13460	
<i>Casearia decandra</i> Jacquin	R	R		R	R		R		R	RA	RA		S	12396	
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler					RA				R				L	9614	
<i>Casearia sylvestris</i> Swartz	R	R	RA	RA	R	R			RA	RA	R		P	12201	
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl												R	nc	16685	
<i>Xylosma ciliatifolium</i> (Clos) Eichler				R								R	L	17288	
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.				R								R	L	12837	
ICACINACEAE															
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) Howard												R	RA	S	12388
LACISTEMATAACEAE															
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	R	R	R		R				R		RA		S	17110	

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro	
	difusa			pontual			difusa			pontual					
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3			
LAURACEAE															
<i>Aiouea costaricensis</i> (Mez) Kosterm.						R	RA		R				S	14484	
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez									A				S	12211	
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Vattimo									R				S	12847	
<i>Endlicheria paniculata</i> (Sprengel) Macbr.												R	S	16805	
<i>Laurus nobilis</i> L.												RA	S	2430	
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees												RA	S	12849	
<i>Nectandra nitidula</i> Nees		RA			RA	RA		R	R	RA		RA	L	16530	
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees					RA					R	RA	A	S	15961	
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisner) Mez						R							L	13140	
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees) Mez						R							S	15050	
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer							A			R			S	13866	
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees												A	L	16632	
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.				RA	RA	RA		R		RA	RA	RA	L	14313	
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo						R							L	15400	
<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer						R							L	16537	
<i>Persea pyrifolia</i> Nees & Mart.		R				R		R	A	R	RA		L	12850	
<i>Persea venosa</i> Nees & Mart.										A			nc		
LOGANIACEAE															
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Sprengel) Mart.													R	S	16839

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada					Perturbada					GE*	Registro				
	difusa		pontual			difusa		pontual								
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1			PP2	PP3		
LYTHRACEAE																
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.											R		L	11896		
MAGNOLIACEAE																
<i>Talauma ovata</i> A.St.-Hil.			RA		RA		RA	RA	RA	RA	R	RA	S	10193		
MALPIGHIACEAE																
<i>Byrsonima coccolobaefolia</i> Kunth											R			14438		
<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.											R		L	12887		
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.											R		R	P	12886	
MALVACEAE																
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.					RA	RA	RA						L	16844		
MELASTOMATACEAE																
<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.													nc	17140		
<i>Leandra gardneriana</i> Cogn.											R		nc			
<i>Leandra pectinata</i> Cogn.											R		nc	9913		
<i>Leandra scabra</i> DC.													R	S	12885	
<i>Miconia albicans</i> Triana			RA			RA							P	13446		
<i>Miconia argyrophylla</i> DC.					R						R		R	L	12882	
<i>Miconia chamissois</i> Naudin					R			R					R	nc	11637	
<i>Miconia chartacea</i> Triana													R	R	L	16545

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin						R						R	P	12880
<i>Miconia corallina</i> Sprengel												R	nc	15436
<i>Miconia cyanocarpa</i> Naudin			R				RA		R			R	nc	8010
<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin						R	R		RA			R	L	16255
<i>Miconia pepericarpa</i> DC.								R				R	P	15964
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn							R	R				R	nc	9802
<i>Miconia trianae</i> Cogn.						R							L	16549
<i>Miconia tristis</i> Sprengel		R											L	8391
<i>Tibouchina candolleana</i> (DC.) Cogn.	RA								RA			RA	L	9602
<i>Tibouchina moricandiana</i> (DC.) Baillon			R									R	nc	13564
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.	R	R	R			R				R		A	L	11941
<i>Tibouchina ursina</i> (Cham.) Cogn.	R												nc	
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn.	R												P	13340
MELIACEAE														
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.						A						R	S	13329
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.						RA	A					A	L	9412
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.								RA		R		R	S	16861
<i>Trichilia hirta</i> L.												RA	nc	14964
<i>Trichilia pallida</i> Swartz						RA				R			S	16557

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
MONIMIACEAE														
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins						A			RA			S	15703	
<i>Mollinedia triflora</i> (Sprengel) Tul.						R					R	S	9772	
<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.									RA			S	16864	
MORACEAE														
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat									RA		R	S	14595	
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don.					A					A	R	P	14280	
<i>Naucleopsis oblongifolia</i> (Kuhlman) Carauta					A					R		S		
MYRSINACEAE														
<i>Cybianthus cuneifolius</i> Mart.						R						nc	17166	
<i>Myrsine coriacea</i> (Swartz) R.Br.						R						P	13530	
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.								R	R		R	L	17322	
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	R	RA	RA	R	R	RA	RA	RA	RA		RA	L	15537	
<i>Stylogyne ambigua</i> (Mart.) Mez								R	R			S	17031	
MYRTACEAE														
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg											R	R	L	14428
<i>Calycorectes acutatus</i> (Miq.) Toledo												R	S	17032
<i>Calyptranthes clusiifolia</i> (Miq.) O.Berg						R		R	R		RA	S	14467	
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg											R	R	L	17170
<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O.Berg						R		R				nc	14043	

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg						R							L	16880
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg						R							L	15774
<i>Eugenia bimarginata</i> DC.											R		nc	14046
<i>Eugenia excelsa</i> O.Berg								R					S	17328
<i>Eugenia florida</i> DC.						A		R		R	RA		S	12925
<i>Eugenia handroana</i> D.Legrand						R							S	17330
<i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.								R			RA		L	16883
<i>Eugenia obversa</i> O. Berg						R							nc	16475
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.			R										L	12084
<i>Eugenia subavenia</i> O.Berg											R		S	17332
<i>Gomidesia affinis</i> (Cambess.) D.Legrand						A							L	12932
<i>Myrceugenia bracteosa</i> (DC.) D.Legrand & Kausel								R			A		L	15349
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.						R			R	A			L	12929
<i>Myrcia guianensis</i> (Aublet) DC.										R			L	14051
<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.				R									L	17337
<i>Myrcia rostrata</i> DC.						R				R			L	17176
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aublet) DC.				R	RA	A				R	R	R	L	14044
<i>Myrcia velutina</i> O.Berg			R	R			R			A		RA	L	9764
<i>Myrcia venulosa</i> DC.			R				RA				RA	RA	L	16893
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg												R	S	17340
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum								A			RA	RA	L	12933

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine												A	L	16483
<i>Psidium cinereum</i> Mart.			R		RA		RA						nc	10839
<i>Psidium guajava</i> L.				R								R	L	16897
<i>Psidium rufum</i> Mart.									R	R		R	L	16898
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg		R			R				R	R		R	S	16899
<i>Siphoneugena kiaerskoviana</i> (Burret) Kausel								R				R	S	
OLACACEAE														
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke												A	S	17182
ONAGRACEAE														
<i>Ludwigia laruotteana</i> (Cambess.) H. Hara					R								nc	7274
<i>Ludwigia nervosa</i> (Poir) Hara		R											nc	13573
<i>Ludwigia suffruticosa</i> Walter						R	R						nc	8468
PIPERACEAE														
<i>Piper aduncum</i> L.	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R	R	P	14831
<i>Piper caldense</i> C.DC.								R	R				nc	17186
<i>Piper mikanianum</i> (Kunth) Steud.			R	R					R				nc	16568
PROTEACEAE														
<i>Roupala montana</i> Aublet						A							L	16908

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
ROSACEAE														
<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D.Dietr.									R			S	16910	
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban								R	R			S	16574	
RUBIACEAE														
<i>Alibertia concolor</i> (Cham.) K.Schum.						RA			R	RA		L	16911	
<i>Alibertia myrciifolia</i> K.Schum.						RA						L	15363	
<i>Amaioua guianensis</i> Aublet										RA		S	13204	
<i>Bathysa meridionalis</i> L.B. Sm. & Downs									R			nc	15360	
<i>Chomelia sericea</i> Müll.Arg.					RA					A	RA	S	13722	
<i>Coffea arabica</i> L.						R			R			nc	14652	
<i>Faramea cyanea</i> Müll.Arg.						R			R	A		S	12954	
<i>Faramea multiflora</i> A.Rich.								RA	R			S	12953	
<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schltdl.				R	R	A						L	16916	
<i>Ixora warmingii</i> Müll.Arg.									R			S	16917	
<i>Psychotria barbiflora</i> DC.						R			R			nc	12551	
<i>Psychotria capitata</i> Ruiz & Pav.											R	nc	16707	
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacquin									R	R		S	15566	
<i>Psychotria deflexa</i> DC.									R			S	14507	
<i>Psychotria sessilis</i> (Vell.) Müll.Arg.			R			RA	A	R	R			P	16588	
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.				R			A				A	L	15187	

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro		
	difusa			pontual			difusa			pontual						
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3				
RUTACEAE																
<i>Esenbeckia febrifuga</i> (A.St.-Hil.) A.Juss.					R		R		RA	R			S	16592		
<i>Galipea jasminiflora</i> (A.St.-Hil.) Engler									R				S	16593		
<i>Metrodorea stipularis</i> Mart.									R				S	16923		
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.		R		R	RA	RA	A				R	R	L	9414		
SAPINDACEAE																
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.							R				R		L	15958		
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.							A				R		L	13330		
SAPOTACEAE																
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hooker & Arnot) Radlk.				R	R	R	R				RA	RA	RA	L	13207	
SIPARUNACEAE																
<i>Siparuna cujabana</i> (Mart.) A.DC.							A			R	R		RA	nc	1316	
<i>Siparuna guianensis</i> Aublet							RA		R				RA	R	S	12471
SOLANACEAE																
<i>Cestrum laevigatum</i> Schldt.							R		R	R	R			S	16931	
<i>Solanum bullatum</i> Vell.													R	L	17393	
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal													A	P	13040	
<i>Solanum leucodendron</i> Sendt.													A	L	17218	
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.				R	RA		R						R	nc	16933	
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.							A						R	L	15482	
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.													R	L	15481	

'continua'...

TABELA 21, cont.

Famílias e espécies	Degradada						Perturbada						GE*	Registro
	difusa			pontual			difusa			pontual				
	DD1	DD2	DD3	DP1	DP2	DP3	PD1	PD2	PD3	PP1	PP2	PP3		
STYRACACEAE														
<i>Styrax camporus</i> Pohl		R								R			L	13285
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.					R								L	15199
<i>Styrax pohlii</i> A.DC.						RA							nc	12965
SYMPLOCACEAE														
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch									R				L	16937
ULMACEAE														
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume											A		P	13181
VERBENACEAE														
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.				RA		R				R	R		P	16944
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.								R					P	13223

* Pereira (2003)

(16); Fabaceae Faboideae (11), Euphorbiaceae (11), Flacourtiaceae (7), Asteraceae (7) e Solanaceae (7). Todas, com exceção da Melastomataceae e Solanaceae, também se destacaram nos trabalhos de Carvalho (2002) e Botrel (2001) que realizaram estudo em fragmentos de matas ciliares de floresta estacional semidecidual, também na região do Alto Rio Grande. Estas famílias representam 58,04% do total de espécies amostradas. Este perfil florístico é típico de florestas ciliares do centro sul do Brasil, onde as famílias de maior riqueza são: Myrtaceae, Lauraceae, Fabaceae Faboideae, Euphorbiaceae e Rubiaceae (Leitão-Filho, 1987). Nas famílias Burseraceae, Cecropiaceae, Erythroxylaceae, Flacourtiaceae, Monimiaceae, Onagraceae, Piperaceae, Rosaceae, Styracaceae foram amostradas pelo menos duas espécies por gênero identificado. As famílias representadas por somente uma espécie somaram 21 (38,89%), resultado semelhante ao encontrado por Botrel (2001), e aquelas contendo apenas um gênero foram 32 (59,26%).

Quanto à ocorrência de espécies em um maior número de nascentes amostradas destacam-se: *Tapirira guianensis* (11), *Piper aduncum* (11), *Cecropia pachystachya* (11), *Litsea molleoides* (10), *Myrsine umbellata* (10), *Dendropanax cuneatus* (9); *Vernonanthura diffusa* (9), *Machaerium nictitans* (9), *Casearia sylvestris* (9), *Casearia decandra* (8), *Talauma ovata* (8), *Erythroxylum deciduum* (7), *Nectandra nitidula* (7), *Zanthoxylum rhoifolium* (7), *Hyeronima ferruginea* (5), *Psychotria sessilis* (5) e *Miconia chamissois* (4) por terem ocorrido em todas as categorias de nascente em estudo (PP, PD, DP e DD). Estas 17 espécies totalizam apenas 7,59% das espécies identificadas e, no entanto, totalizaram 45,35% dos indivíduos, podendo ser consideradas as espécies em estudo de maior adaptabilidade para o ambiente das nascentes em função da sua alta frequência e abundância. De forma oposta, 111 espécies (52%) identificadas nas nascentes encontraram-se apenas em uma das categorias estudadas: PP (56), DP (34), DD (11), PD (10). Ainda, do total de espécies

amostradas, 29,86% ocorreram em duas e 15,16% em três das categorias estudadas.

Dentre as espécies amostradas, 103 ocorrem tanto no estrato arbóreo quanto na regeneração natural. As categorias de nascentes perturbadas apresentaram 59 espécies que se encontram tanto no estrato arbóreo (A) como na regeneração natural (R) numa mesma nascente, enquanto que as categorias das nascentes degradadas apresentaram 48 espécies. As nascentes perturbadas apresentaram, ainda, uma maior proporção de RA (105) que as nascentes degradadas (70) (Tabela 21), podendo-se inferir que estas apresentam uma maior proporção de árvores porta-sementes. O grande número de espécies presentes na regeneração natural que não estão presentes no estrato arbóreo (106) indica que está ocorrendo o ingresso de novas espécies na área por meio da dispersão natural.

Entre as espécies encontradas nas nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, *Casearia sylvestris*, *Syagrus romanzoffiana*, *Machaerium stipitatum*, *Siparuna guianensis* e *Endlicheria paniculata* são consideradas como de alta densidade e distribuição ampla; *Tapirira guianensis*, *Matayba elaeagnoides*, *Cabralea canjerana*, *Protium heptaphyllum*, *Mollinedia widgrenii*, *Trema micrantha*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana*, *Cecropia pachystachya*, *Piptadenia gonoacantha* e *Copaifera langsdorffii* são consideradas como de densidade variável e distribuição ampla; *Cedrela fissilis*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Gutteria nigrescens* são consideradas de baixa densidade e de distribuição ampla; *Clethra scabra*, *Geonoma schottiana*, *Protium heptaphyllum* e *Calophyllum brasiliense* são consideradas de alta densidade e de distribuição restrita (Durigan et al., 2001).

No que concerne aos grupos ecológicos 30 espécies foram classificadas como pioneiras, 92 como clímax exigente em luz e 64 como clímax tolerante à sombra. As demais espécies amostradas nas nascentes não tiveram sua

classificação encontrada na literatura. Nas nascentes degradadas foram registradas 19, 70 e 27 espécies pioneiras, clímax exigente em luz e clímax tolerante à sombra, respectivamente. A predominância das espécies clímax exigentes em luz (70) verificada nas nascentes degradadas, indica que as mesmas são jovens e se encontram em estágio sucessional médio (CONAMA, 1993). Já nas nascentes perturbadas, foram registradas 27, 63 e 61 espécies pioneiras, clímax exigente em luz e clímax tolerante à sombra, respectivamente. Verifica-se uma presença maior de espécies clímax tolerante à sombra, indicando que as nascentes perturbadas se encontram em estágio sucessional mais avançado.

5.1.1 Similaridade florística entre os fragmentos no entorno das nascentes

Os resultados das análises de agrupamento e de correspondência retificada (DCA) para os padrões florísticos, das espécies consideradas como não raras, da regeneração natural junto com o estrato arbóreo, da regeneração e do estrato arbóreo em separado, estão representados nas Figuras 18, 19 e 20, respectivamente.

Por meio da análise de agrupamento da flora das nascentes (Figura 18a) observa-se que não houve similaridade maior entre as nascentes da mesma categoria. Pode-se observar que a nascente DD1 apresenta-se mais diferenciada das demais. Esta falta de similaridade pode ser explicada pela forte interferência antrópica no passado para o plantio de pastagens e por estar sendo utilizada atualmente como bebedouro de água pelo gado, causando, ainda hoje, comprometimento à regeneração natural da área. Outro fator que explica esta falta de similaridade é o seu reduzido número de espécies (5) e, conseqüentemente, o baixo valor do índice de diversidade de Shannon-Weaver (1,561), contrastando com os das demais nascentes. Estes valores permitem afirmar que esta nascente encontra-se mais degradada que as demais. Observa-se

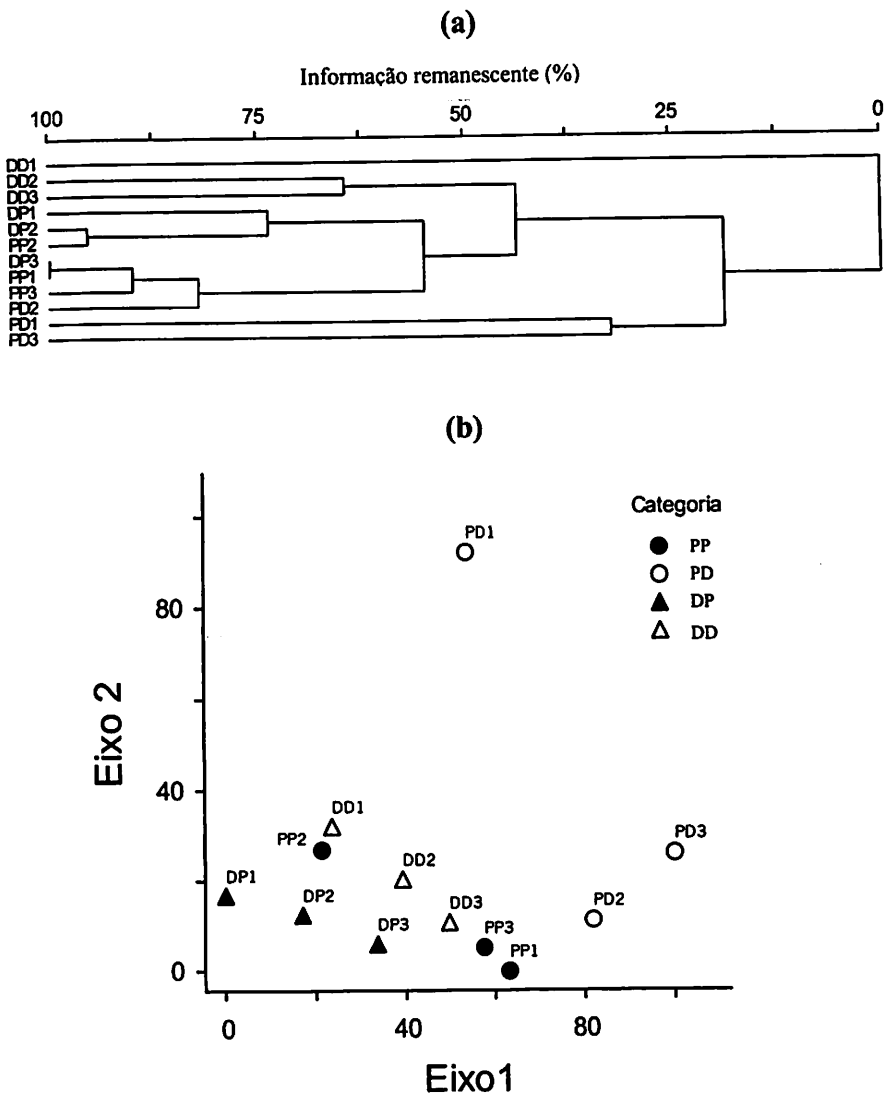


FIGURA 18 Análises multivariadas da composição da flora do estrato arbóreo e da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG: (a) dendrograma de classificação, (b) diagrama de ordenação da análise de correspondência retificada (DCA).

esta mesma separação na análise de agrupamento da regeneração natural (Figura 19a) e separação diferenciada na análise de agrupamento do estrato arbóreo (Figura 20a). Deve-se destacar ainda que as similaridades mais altas ocorrem entre as nascentes DP3 e PP1, e entre as nascentes DP2 e PP2, indicando que não há grandes diferenças na composição florística entre nascentes pontuais degradadas e perturbadas. Na DCA (Figura 18b), a falta de similaridade dentro das categorias de nascentes se repete.

A análise de agrupamento para os dados florísticos da regeneração natural em separado (Figura 19a) distinguiu a existência de quatro grupos com maior similaridade: (DD1); (DD2, DD3, DP1); (DP2, PP2, DP3, PP1, PP3, PD2); e (PD1, PD3), os quais não mostraram padrão de similaridade com a classificação das categorias dada às nascentes. Já a análise de correspondência (Figura 19b) mostrou uma tendência de separação das nascentes em 4 grupos distintos, os quais vão ao encontro da classificação das nascentes nas suas respectivas categorias. O primeiro eixo de ordenação separou as nascentes degradadas (localizadas no lado esquerdo do eixo) das perturbadas (localizadas no lado direito do eixo), dentro da qual, ressalva-se a nascente PP2 que se encontra no lado das nascentes degradadas. Esta nascente considerada perturbada apresenta-se sob presença assídua do gado, o que leva a um grau maior de perturbação da regeneração natural proporcionando maior similaridade com as nascentes degradadas. O segundo eixo separou as nascentes pontuais (localizadas no extremo inferior) das difusas (localizadas na parte superior do gráfico), onde se ressalva a nascente PD2 que se encontra na parte inferior do gráfico juntamente com as nascentes pontuais.

A diferença mais visível na análise de agrupamento para os dados florísticos considerando-se somente o estrato arbóreo (Figura 20a) foi a separação das nascentes pontuais das difusas. Não houve separação visível

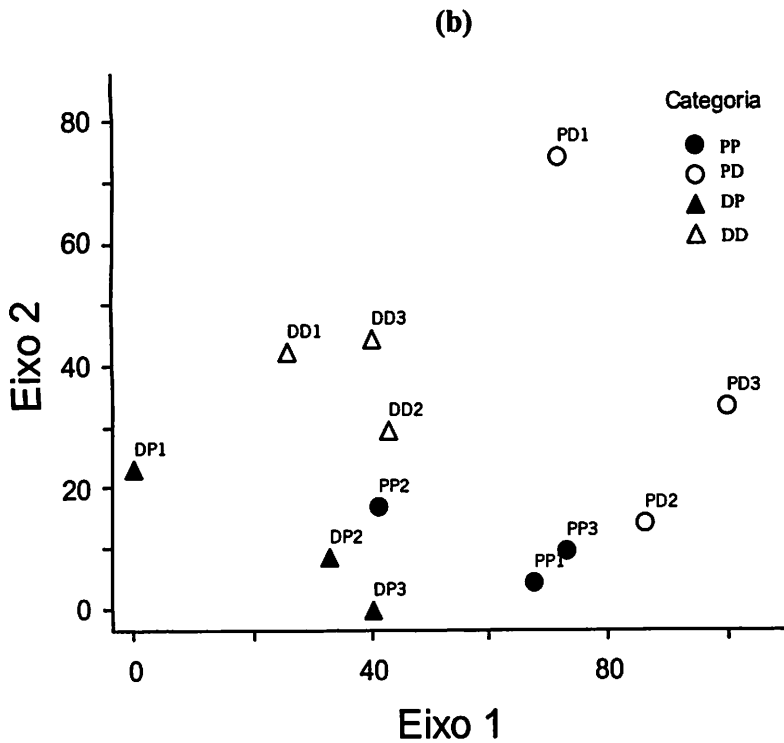
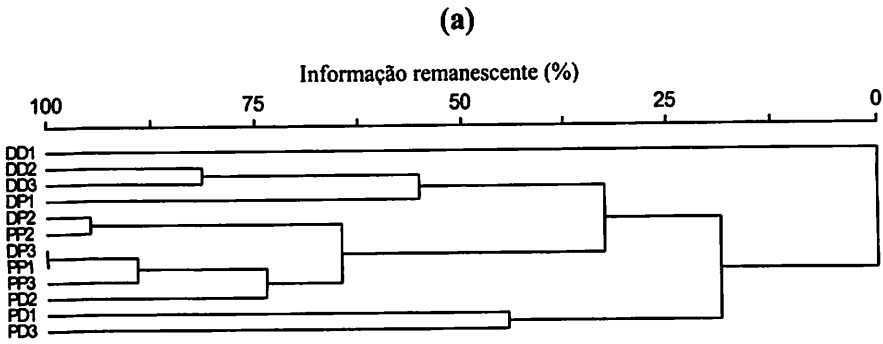


FIGURA 19 Análises multivariadas da composição da flora da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG: (a) dendrograma de classificação, (b) diagrama de ordenação da análise de correspondência retificada (DCA).

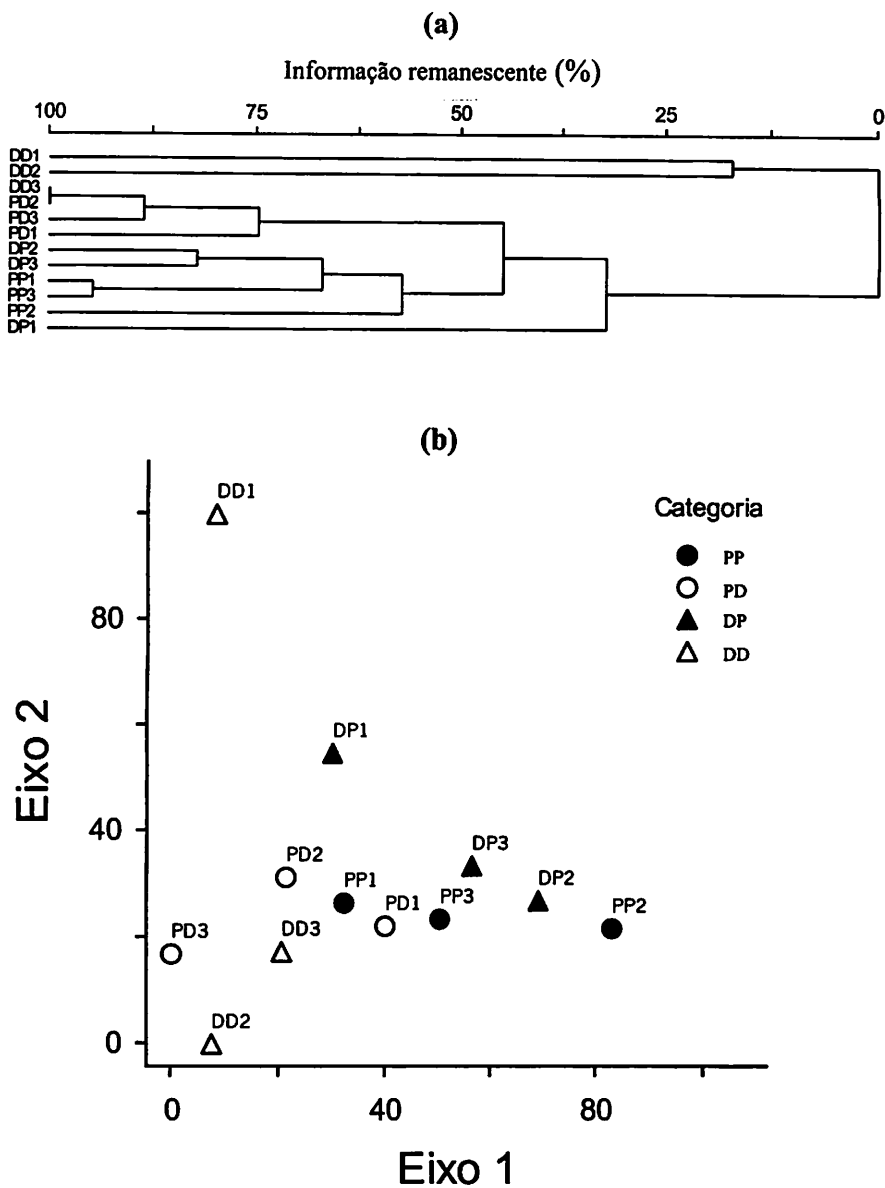


FIGURA 20 Análises multivariadas da composição da flora do estrato arbóreo dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG: (a) dendrograma de classificação, (b) diagrama de ordenação da análise de correspondência retificada (DCA).

quanto ao estado de conservação, principalmente nas nascentes difusas onde a nascente degradada (DD3) e a perturbada (PD2) apresentam o mais alto nível de similaridade. Esta alta similaridade pode estar relacionada à proximidade geográfica, podendo ser considerada como parte de um único fragmento no passado. O diagrama da DCA (Figura 20b) não mostrou padrões de similaridade entre as nascentes quanto às categorias propostas. A falta de um padrão florístico entre as categorias das nascentes no estrato arbóreo pode ser explicada pelos diferentes históricos de perturbação e pelo fato da área de influência do tipo de nascente não abranger toda a área de 50 metros de raio. Ou seja, parte da APP das nascentes difusas encontra-se sobre solos bem drenados e parte da APP das nascentes pontuais sobre solos úmidos, condicionando semelhança de espécies entre os tipos de nascentes e, conseqüentemente, certa similaridade entre os mesmos.

Os autovalores produzidos pela DCA para as espécies da regeneração natural foram baixos para os dois primeiros eixos de ordenação, 0,275 e 0,143, respectivamente, indicando gradientes curtos, ou seja, a maioria das espécies se distribui por todo gradiente (ter Braak, 1995 citado por Botrel, 2001). O resultado do diagrama de ordenação das espécies da regeneração natural (Figura 21) sugere que as espécies localizadas no centro do diagrama são amplamente disseminadas nas nascentes, podendo ser indicadas para um maior número de categorias, como pode ser observado também na Tabela 21.

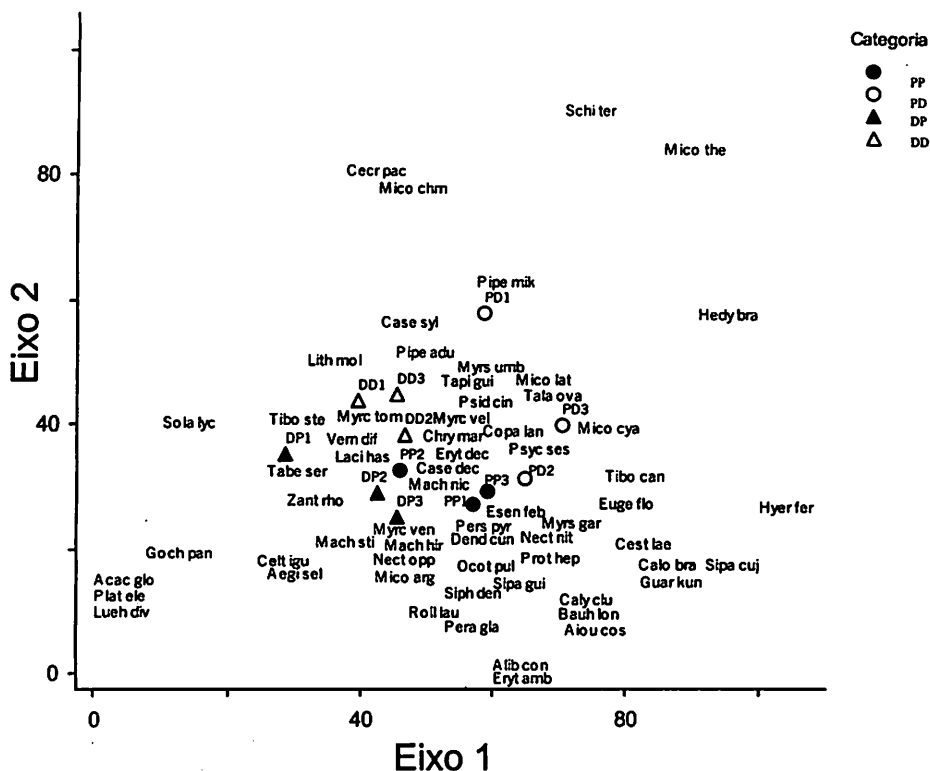


FIGURA 21 Diagrama de ordenação das espécies da regeneração natural dos doze fragmentos no entorno das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, produzido pela análise de correspondência retificada (DCA).

5.1.2 Diversidade florística

Os parâmetros da composição e da diversidade florística das nascentes estudadas são apresentados na Tabela 22 e 23, considerando-se os valores para cada nascente e por categoria, respectivamente.

O número de espécies quantificado em cada nascente e em cada uma das quatro categorias variou bastante.

A nascente difusa PD2 e a nascente pontual DP3 apresentaram 56 e 101 espécies, respectivamente, destacando-se das demais em suas respectivas categorias (Tabela 22).

TABELA 22 Relação dos parâmetros da vegetação para as nascentes em separado. **DD** = degradada difusa; **DP** = degradada pontual; **PD** = perturbada difusa, **PP** = perturbada pontual ; **Ar** = área amostrada para a regeneração natural (R); **Aa** = área amostrada para o estrato arbóreo (A); **Nr** = nº de indivíduos amostrados na R; **Na** = nº de indivíduos amostrados no A; **DAr** = densidade absoluta da RN; **DAa** = densidade absoluta do EA; **E** = nº total de espécies amostradas na nascente; **Er** = número de espécies amostradas na RN; **Ea** = número de espécies amostradas no EA; **Fr** = número de famílias amostradas na RN; **Fa** = número de famílias amostradas no EA; **H'** = Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H'); e **J'** = Índice de Equabilidade de Pielou (J').

Nasc	Ar (ha)	Aa (ha)	Nr	Na	DAr	DAa	E	Er	Ea	Fr	Fa	H'	J'
DD1	0,006	0,047	3	3	500	64	5	2	3	2	2	1,561	0,970
DD2	0,038	0,172	258	33	6790	192	28	28	4	16	4	2,374	0,712
DD3	0,030	0,085	140	65	4667	765	32	28	12	14	9	2,807	0,810
DP1	0,034	0,102	84	38	2470	372	34	29	16	21	15	3,045	0,863
DP2	0,030	0,118	583	124	19433	1051	44	38	23	23	17	2,315	0,612
DP3	0,036	0,119	380	150	10555	1260	101	84	48	37	28	3,978	0,862
PD1	0,028	0,148	609	317	21750	2142	21	15	14	10	11	1,907	0,627
PD2	0,028	0,099	635	273	22678	2758	56	50	22	27	16	2,833	0,704
PD3	0,036	0,050	158	148	4389	2960	21	18	12	12	10	2,135	0,701
PP1	0,032	0,162	953	257	29781	1586	92	82	34	39	22	3,152	0,697
PP2	0,036	0,155	482	139	13389	897	44	40	23	24	16	2,592	0,685
PP3	0,038	0,178	730	288	19211	1618	99	83	47	32	24	3,560	0,775

Apesar de ser classificada como degradada a nascente DP3 apresentou o maior índice de Shannon-Weaver (3,978) (Tabela 22), podendo ser considerada em relação às demais nascentes como mais próxima ao estágio clímax (Almeida Júnior, 1999). Deve-se ressaltar que a vegetação presente

encontra-se numa faixa estreita em relação à maior área que se encontra degradada.

As categorias das nascentes pontuais degradadas e perturbadas apresentaram, respectivamente, 126 e 160 espécies, valores bastante superiores aos encontrados nas categorias das nascentes difusas degradadas e perturbadas, nas quais foram registradas 49 e 70 espécies respectivamente (Tabela 23).

Os valores dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') calculado para as doze nascentes em conjunto foram, respectivamente, de 3,889 e 0,719 (Tabela 23). Apesar destes valores terem sido obtidos com as espécies do estrato arbóreo em conjunto com a regeneração os índices encontrados, eles foram inferiores aos verificados no extrato arbóreo de fragmentos de mata ciliar da região. Estes fragmentos estudados por Silva (2002), Souza (2001), Van den Berg (1999) e Oliveira-Filho et al. (1994a) apresentaram, para o índice de diversidade de Shannon-Weaver, valores de 4,148, 4,258, 3,924 e 4,204, respectivamente, e para o índice de equabilidade de Pielou valores de 0,868, 0,862, 0,793 e 0,880, respectivamente. As categorias

TABELA 23 Relação dos parâmetros da vegetação para as categorias de nascentes em conjunto e em separado: degradada difusa (DD), degradada pontual (DP), perturbada difusa (PD) e perturbada pontual (PP). **A** = área amostrada; **N** = número de indivíduos amostrados, **DAT** = densidade absoluta total; **E** = número de espécies amostradas; **F** = número de famílias amostradas; **H'** = Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H'); e **J'** = Índice de Equabilidade de Pielou (J').

Categoria da nascente	A (ha)	N	DAT	E	F	H'	J'
Todas categorias	1,435	6851	4774	224	54	3,889	0,719
DD	0,304	502	1651	49	24	2,972	0,764
DP	0,339	1360	4012	126	42	3,545	0,733
PD	0,297	2138	7209	70	30	2,636	0,621
PP	0,495	2851	5760	160	46	3,811	0,751

das nascentes pontuais se destacaram quanto aos valores do índice de diversidade de Shannon-Weaver, onde a PP apresentou o mais alto valor (3,811).

Quanto à equabilidade de Pielou (J'), as nascentes perturbadas difusas (PD) apresentaram o mais baixo valor (62,1%), contrastando com os valores das demais categorias que apresentaram variações pouco pronunciadas entre si (Tabela 23). O baixo valor do índice de equabilidade de Pielou encontrado na categoria das nascentes PD permite-nos inferir que há uma dominância ecológica mais pronunciada de algumas espécies que, juntas, predominam na comunidade desta categoria, ou seja, uma maior concentração de indivíduos de espécies dominantes. Fato que pode justificar esta afirmativa é a ocorrência de alta densidade de poucas espécies: *Hedyosmum brasiliense*, *Myrsine umbellata* e *Talauma ovata*, com 7.328, 2.125 e 1.984 indivíduos por hectare na regeneração natural e 256, 384 e 545 indivíduos por hectare no estrato arbóreo, respectivamente.

5.2 Parâmetros fitossociológicos

Os cálculos dos parâmetros fitossociológicos de interesse silvicultural das espécies consideradas como não raras do estrato arbóreo para as quatro categorias, DD, DP, PD e PP, em separado, resultaram nos valores apresentados na Tabela 24.

Entre as espécies abundantes, destaca-se pela alta frequência no estrato arbóreo de todas as categorias das nascentes a *Tapirira guianensis* (P), que é reconhecida como generalista por habitats (Oliveira-Filho e Ratter, 2001). Este fato pode ser justificado pela sua presença em 54,3% dos 43 fragmentos de floresta ciliar do Brasil extra-amazônico analisados por Rodrigues & Nave (2001). A *Talauma ovata* (S) merece destaque nas nascentes perturbadas pontuais e difusas e a *Cecropia pachystachya* (P), generalista por habitats (Oliveira-Filho & Ratter, 2001), nas nascentes degradadas pontuais e difusas.

TABELA 24 Relação das espécies não raras do estrato arbóreo amostradas nas quatro categorias de nascentes: DD = degradada difusa, DP = degradada pontual, PD = perturbada difusa, e PP = perturbada pontual da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG com seus parâmetros fitossociológicos: DA = densidade absoluta e FA = frequência absoluta; e grupo ecológico (GE): pioneiras (P), clímax exigente de luz (L), clímax tolerante à sombra (S) e não classificadas (nc). Espécies ordenadas em ordem alfabética.

Espécies	GE	DD		DP		PD		PP	
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Alibertia concolor</i>	L			3	8,3			8	16,7
<i>Casearia decandra</i>	S							6	16,7
<i>Casearia sylvestris</i>	P			6	16,7			10	33,3
<i>Cecropia glaziovii</i>	P					13	33,3	8	16,7
<i>Cecropia pachystachya</i>	P	13	33,3	29	50,0	71	66,7	8	25,0
<i>Cedrela fissilis</i>	L			3	8,3	3	11,1	4	8,3
<i>Celtis iguanaea</i>	P			18	25,0			12	25
<i>Chomelia sericea</i>	S			3	8,3			6	16,7
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	L							8	33,3
<i>Copaifera langsdorffii</i>	S			35	33,3	3	11,1	36	41,7
<i>Cordia trichotoma</i>	L			21	33,3	3	11,1		
<i>Dendropanax cuneatus</i>	S			12	25,0	61	55,6	30	58,3
<i>Erythroxylum deciduum</i>	S	3	11,1	3	8,3	3	11,1	2	8,3
<i>Eugenia florida</i>	S			3	8,3			2	8,3
<i>Gochnatia paniculata</i>	P			3	8,3			16	33,3
<i>Hedyosmum brasiliense</i>	L					256	66,7	28	16,7
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	L			3	8,3			6	25,0
<i>Hyeronima ferruginea</i>	L	3	11,1	3	8,3	64	44,4	10	1,7
<i>Ilex cerasifolia</i>	S	3	11,1					2	8,3
<i>Inga striata</i>	L			6	16,7				
<i>Lithraea molleoides</i>	P	30	11,1	21	33,3	37	22,2	162	75,0
<i>Luehea divaricata</i>	L			32	41,7				
<i>Machaerium hirtum</i>	L			21	41,7			10	25,0
<i>Machaerium nictitans</i>	L	3	11,1	9	16,7	3	11,1	22	25,0
<i>Maclura tinctoria</i>	P			3	8,3			8	25,0
<i>Miconia albicans</i>	P	3	11,1						

'continua' ...

TABELA 24, cont.

Espécies	GE	DD		DP		PD		PP	
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	S			3	8,3			2	8,3
<i>Myrcia tomentosa</i>	L			6	16,7				
<i>Myrcia velutina</i>	L							10	16,7
<i>Myrcia venulosa</i>	L			3	8,3			8	16,7
<i>Myrsine umbellata</i>	L	56	22,2	3	8,3	384	88,9	51	33,3
<i>Nectandra nitidula</i>	L	13	11,1	171	41,7			30	33,3
<i>Nectandra oppositifolia</i>	S			6	16,7			4	16,7
<i>Ocotea pulchella</i>	L			53	66,7			24	50,0
<i>Persea pyrifolia</i>	L					3	11,1	6	8,3
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	L					3	11,1	105	58,3
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	P			3	8,3			2	8,3
<i>Platypodium elegans</i>	L			41	33,3	3	11,1	4	16,7
<i>Protium heptaphyllum</i>	L			133	41,7	162	66,7	154	58,3
<i>Psidium cinereum</i>	nc			6	8,3	10	11,1		
<i>Psychotria sessilis</i>	P			6	16,7	7	11,1		
<i>Rollinia sylvatica</i>	L			6	16,7			4	16,7
<i>Rudgea viburnoides</i>	L					3	11,1	2	8,3
<i>Sapium glandulosum</i>	L					7	11,1	2	8,3
<i>Schinus terebinthifolius</i>	P	7	11,1			17	44,4	2	8,3
<i>Siparuna cujabana</i>	nc			3	8,3			2	8,3
<i>Siparuna guianensis</i>	S			3	8,3			4	8,3
<i>Talauma ovata</i>	S	33	11,1	6	8,3	545	100,0	176	58,3
<i>Tapirira guianensis</i>	P	86	44,4	74	50,0	774	100,0	194	83,3
<i>Tapirira obtusa</i>	L			9	25,0			10	25,0
<i>Tibouchina candolleana</i>	L	69	44,4			7	11,1	2	8,3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	L			6	16,7	3	11,1		

A *Talauma ovata* é típica de matas de brejo e de locais propensos à inundação periódica de longa duração (Lobo & Joly, 2001) podendo ser plantada próximo ao curso e do olho d'água em nascentes perturbadas pontuais e difusas. Ainda, deve-se destacar a *Lithraea molleoides* (P), *Myrsine umbellata* (L), *Ocotea*

pulchella (L) e *Tibouchina candolleana* (L), nas respectivas categorias: PP, PD, DP e DD.

Quanto a densidade no estrato arbóreo, a *Tapirira guianensis* (P) também destaca-se nas quatro categorias das nascentes em estudo: PP, PD, DP e DD. Destacam-se ainda, quanto ao número de indivíduos nas nascentes PP: *Talauma ovata* (S), *Lithraea molleoides* (P), *Protium heptaphyllum* (L), *Pimenta pseudocaryophyllus* (L) e *Myrsine umbellata* (L); nas nascentes PD: *Talauma ovata* (S); *Myrsine umbellata* (L), *Hedyosmum brasiliense* (L), *Protium heptaphyllum* (L) e *Cecropia pachystachya* (P); nas nascentes DP: *Nectandra nitidula* (L), *Protium heptaphyllum* (L), *Ocotea pulchella* (L), *Platypodium elegans* (L) e *Copaifera langsdorffii* (S); e nas nascentes DD: *Tibouchina candolleana* (L), *Myrsine umbellata* (L), *Talauma ovata* (S), *Lithraea molleoides* (P) e *Cecropia pachystachya* (P).

Os cálculos dos parâmetros fitossociológicos de interesse silvicultural das espécies consideradas como não raras da regeneração natural para as quatro categorias, DD, DP, PD e PP, em separado, resultaram nos valores apresentados na Tabela 25.

Entre as 10 espécies com maior freqüência absoluta de cada categoria, apenas a *Tapirira guianensis* (P) estava presente em todas categorias. As espécies em comum que se destacam pela alta freqüência na regeneração natural das nascentes pontuais (DP e PP) são: *Nectandra nitidula* (L), *Copaifera langsdorffii* (S), *Protium heptaphyllum* (L), *Piper aduncum* (P) e *Lacistema hasslerianum* (S). Destacam-se ainda nas PP: *Pimenta pseudocaryophyllus* (L), *Myrcia venulosa* (L), *Dendropanax cuneatus* (S) e *Lithraea molleoides* (P); e nas DP: *Acacia glomerosa* (L), *Casearia decandra* (S), *Platypodium elegans* (L), *Celtis iguanaea* (P) e *Luehea divaricata* (L). Nas categorias de nascentes difusas (DD e PD), apenas *Myrsine umbellata* (L) ocorreu em ambas categorias. As espécies mais freqüentes nas DD pertencem, na sua maioria, a grupos

TABELA 25 Relação das espécies não raras da regeneração natural amostradas nas quatro categorias de nascentes: **DD** = degradada difusa, **DP** = degradada pontual, **PD** = perturbada difusa, e **PP** = perturbada pontual da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG com seus parâmetros fitossociológicos: **DA** = densidade absoluta e **FA** = frequência absoluta; e grupo ecológico (**GE**): pioneiras (**P**), clímax exigente de luz (**L**), clímax tolerante à sombra (**S**) e não classificadas (**nc**). Espécies ordenadas em ordem alfabética.

Espécies	GE	DD		DP		PD		PP	
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Acacia glomerosa</i>	L			430	30				
<i>Aegiphila sellowiana</i>	P			110	16			28	5,7
<i>Aiouea costaricensis</i>	S			20	2	94	12,5	28	5,7
<i>Alibertia concolor</i>	L			50	8			28	5,7
<i>Bauhinia longifolia</i>	L			50	8	16	3,1	57	7,6
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	L							75	5,7
<i>Calophyllum brasiliense</i>	S					94	9,4	528	24,5
<i>Calypttranthes clusiifolia</i>	S			20	4	2109	25	349	24,5
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	L							19	3,8
<i>Casearia decandra</i>	S	68	5,4	270	26	47	6,3	236	24,5
<i>Casearia sylvestris</i>	P	41	5,4	80	16	16	3,1	208	24,5
<i>Cecropia pachystachya</i>	P	68	8,1	140	16	47	9,4	28	3,8
<i>Celtis iguanaea</i>	P			160	20			28	5,7
<i>Cestrum laevigatum</i>	S			40	2	250	18,8	47	9,4
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	L			70	14	16	3,1	113	18,9
<i>Citronella paniculata</i>	S							47	3,8
<i>Copaifera langsdorffii</i>	S			460	34	125	15,6	538	45,3
<i>Cordia trichotoma</i>	L			80	14				
<i>Croton urucurana</i>	P					63	6,3		
<i>Dendropanax cuneatus</i>	S	54	2,7	40	6	547	21,9	264	34,0
<i>Erythroxylum ambiguum</i>	nc			30	4			47	7,6
<i>Erythroxylum deciduum</i>	S	41	8,1	50	8	16	3,1	104	17
<i>Esenbeckia febrifuga</i>	S			10	2	16	3,1	47	7,6
<i>Eugenia florida</i>	S					16	3,1	75	9,4

'continua' ...

TABELA 25, cont.

Espécies	GE	DD		DP		PD		PP	
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Ficus guaranitica</i>	S							47	7,6
<i>Gochnatia paniculata</i>	P			30	6			113	13,2
<i>Guarea kunthiana</i>	S					188	18,8	94	7,6
<i>Guettarda uruguensis</i>	L			30	4				
<i>Hedyosmum brasiliense</i>	L					732	871,9	292	18,9
<i>Hyeronima ferruginea</i>	L					359	25,0	189	17,0
<i>Ilex cerasifolia</i>	S							66	7,6
<i>Inga striata</i>	L			20	4				
<i>Lacistema hasslerianum</i>	S	203	18,9	260	22			415	32,1
<i>Lithraea molleoides</i>	P	351	18,9	210	16	63	9,4	519	32,1
<i>Luehea divaricata</i>	L			150	20				
<i>Machaerium hirtum</i>	L			30	4			28	3,8
<i>Machaerium nictitans</i>	L	14	2,7	90	14	16	9,4	47	7,6
<i>Machaerium stipitatum</i>	L	41	8,1	30	4			9	1,9
<i>Miconia argyrophylla</i>	L			10	2			28	3,8
<i>Miconia chamissois</i>	nc	27	2,7	60	6	148	431,3	28	5,7
<i>Miconia chartacea</i>	L							236	17,0
<i>Miconia cyanocarpa</i>	nc	338	21,6			63	9,4	236	3,8
<i>Miconia latecrenata</i>	L			10	2	16	3,1	19	7,6
<i>Miconia theaezans</i>	nc					891	134,8	47	9,4
<i>Myrcia tomentosa</i>	L	14	2,7	10	2			38	7,6
<i>Myrcia velutina</i>	L	27	5,4	100	12			113	5,7
<i>Myrcia venulosa</i>	L	14	2,7	30	4			1170	37,7
<i>Myrsine gardneriana</i>	L					16	3,1	66	9,4
<i>Myrsine umbellata</i>	L	500	27	100	10	212	571,9	368	28,3
<i>Nectandra nitidula</i>	L	1284	21,6	2950	38	31	6,3	1198	34,0
<i>Nectandra oppositifolia</i>	S			10	2			38	7,6
<i>Ocotea pulchella</i>	L			130	16	63	6,3	151	17,0
<i>Pera glabrata</i>	L			30	6			198	13,2
<i>Persea pyrifolia</i>	L	68	10,8	80	10	16	3,1	245	26,4
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	L							1189	47,2

'continua' ...

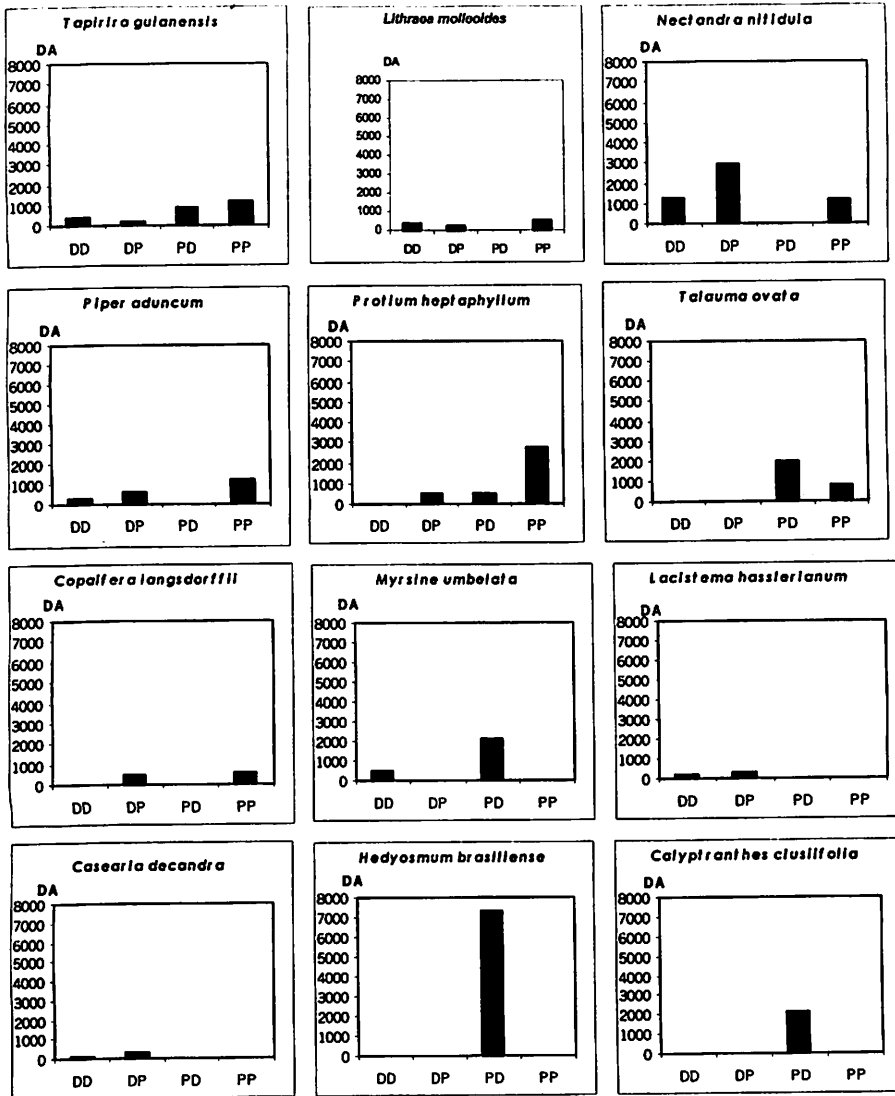
TABELA 25, cont.

Espécies	GE	DD		DP		PD		PP	
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Piper aduncum</i>	P	270	35,1	650	32	47	6,3	1179	47,2
<i>Piper caldense</i>	nc					18828,1			
<i>Piper mikanianum</i>	nc	14	2,7	360	10	16	3,1		
<i>Platypodium elegans</i>	L			180	26				
<i>Protium heptaphyllum</i>	L			470	34	500	25	2726	39,6
<i>Protium spruceanum</i>	S					156	6,3		
<i>Psidium cinereum</i>	nc	14	2,7	10	2	16	3,1		
<i>Psidium rufum</i>	L							113	13,2
<i>Psychotria carthagenensis</i>	S							19	3,8
<i>Psychotria sessilis</i>	P	14	2,7	20	4	47	3,1	340	17,0
<i>Rollinia laurifolia</i>	L			30	6			57	9,4
<i>Schinus terebinthifolius</i>	P	14	2,7			94	9,4	19	3,8
<i>Siparuna cujabana</i>	nc					16	3,1	189	18,9
<i>Siparuna guianensis</i>	S			40	6	63	9,4	104	13,2
<i>Siphoneugena densiflora</i>	S	14	2,7	40	6			19	3,8
<i>Solanum lycocarpum</i>	nc	14	2,7	90	8			9	1,9
<i>Tabebuia serratifolia</i>	S	27	5,4	50	8			9	1,9
<i>Talauma ovata</i>	S			20	2	1984	56,3	783	28,3
<i>Tapirira guianensis</i>	P	419	24,3	210	22	844	43,8	1123	47,2
<i>Tibouchina candolleana</i>	L	162	16,2			47	6,3	9	1,9
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	L	392	27,0	120	14			38	3,8
<i>Vernonanthura diffusa</i>	P	54	10,8	50	10	16	3,1	179	20,8
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	L	54	5,4	40	8			57	9,4

ecológicos iniciais: *Piper aduncum* (P), *Lithraea molleoides* (L), *Vernonanthura diffusa* (P), *Tibouchina stenocarpa* (L), *Tibouchina candolleana* (L), *Nectandra nitidula* (L), *Lacistema hasslerianum* (S) e *Miconia cyanocarpa* (nc), e nas PD pertencem a grupos ecológicos mais avançados: *Hedyosmum brasiliense* (L), *Talauma ovata* (S), *Calyptanthes clusiifolia* (S), *Hyeronima ferruginea* (L), *Protium heptaphyllum* (L). Este fato mostra que as nascentes classificadas como perturbadas realmente encontram-se em estado sucessional mais avançado que

as nascentes degradadas, podendo inferir que, apesar de subjetiva, a classificação dada às nascentes no campo está correta.

A distribuição da densidade absoluta para as dez espécies com maior abundância na regeneração natural resultou nos gráficos apresentados na Figura 22, os quais permitiram a identificação de grupos distintos de espécies para a recuperação de áreas no entorno das diferentes categorias dadas às nascentes. Como no estrato arbóreo, a densidade da *Tapirira guianensis* (P) na regeneração natural mostrou-se claramente abundante nas quatro categorias das nascentes. Espécies como *Lithraea molleoides* (P), *Nectandra nitidula* (L) e *Piper aduncum* (P) são importantes para a recuperação de áreas no entorno das nascentes DD, DP e PP e *Protium heptaphyllum* (L) é importante para as nascentes DP, PD e PP. *Talauma ovata* (S) é importante na recuperação de nascentes PP, se plantada próxima ao curso d'água e de PD, se plantada em solos bastante úmidos, ou seja, em áreas sob influência direta da água do leito ou do lençol freático. A *Copaifera langsdorffii* (S) é importante na recuperação de nascentes pontuais (DP e PP), no entanto, são generalistas por habitat (Oliveira-Filho & Ratter, 2001), podendo ser plantadas em áreas sujeitas ao alagamento (Lobo & Joly, 2001). *Myrsine umbellata* (L) é importante na recuperação de nascentes difusas (DD e PD) às quais, a água é fator condicionante para presença desta espécie. Espécies clímax tolerante à sombra, como *Lacistema hasslerianum* e *Casearia decandra*, são importantes na recuperação de nascentes degradadas (DD e DP). As espécies abundantes das nascentes perturbadas difusas podem ser consideradas como as mais especialistas, pelo fato de 60% delas (*Hedyosmum brasiliense* (L), *Calyptranthes clusiiifolia* (S), *Dendropanax cuneatus* (S), *Hyeronima ferruginea* (L), *Miconia theaezans* (nc), *Miconia chamissois* (nc)) serem abundantes somente nesta categoria de nascente. Destacam-se, ainda, quanto à abundância de indivíduos nas nascentes PP: *Pimenta pseudocaryophyllus* (L), *Myrcia venulosa* (L) e *Calophyllum brasiliense* (S)



'continua' ...

FIGURA 22 Densidade absoluta (DA) das 24 espécies mais abundantes, obtidas a partir das 10 espécies mais abundantes em cada categoria de nascente estudada: DD, DP, PD, PP.

FIGURA 22, cont.

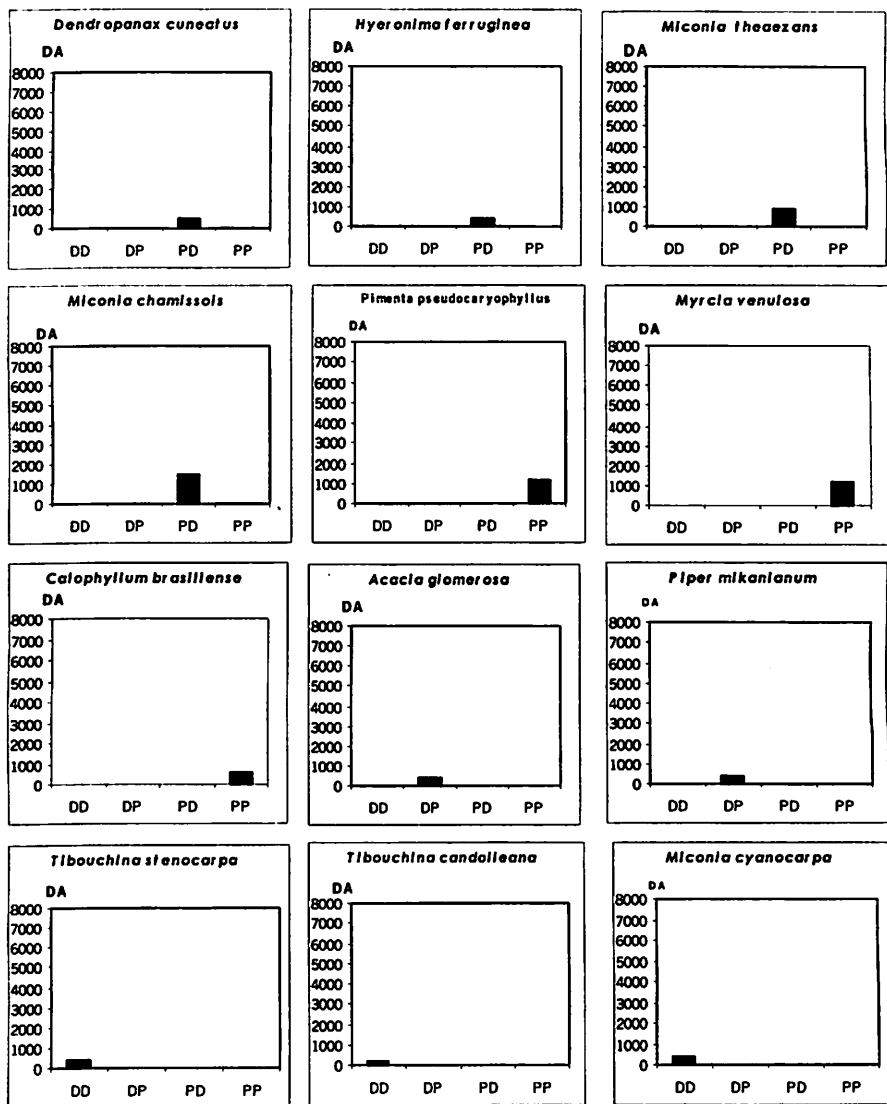


FIGURA 22 Densidade absoluta (DA) das 24 espécies mais abundantes, obtidas a partir das 10 espécies mais abundantes em cada categoria de nascente estudada: DD, DP, PD, PP.

nas nascentes DP: *Acacia glomerosa* (L) e *Piper mikanianum* (nc); e nas nascentes DD: *Tibouchina stenocarpa* (L), *Tibouchina candolleana* (L) e *Miconia cyanocarpa* (nc).

5.3 Propostas para recuperação das nascentes

5.3.1 Seleção de áreas prioritárias para recomposição

Pelo fato das APPs no entorno das nascentes representarem uma área relativamente pequena da sub-bacia (1,61%) e a água de qualidade ser um recurso precioso, todas as nascentes devem ser recuperadas. No entanto, deve-se dar prioridade às nascentes degradadas pouco vegetadas e mais susceptíveis aos processos erosivos. Áreas de nascentes com solo compactado e com regeneração natural comprometida pela presença do gado também merecem atenção especial.

↳ O processo de recuperação deve-se iniciar nas partes mais altas da bacia, de forma que, com o estabelecimento da vegetação, esta contribua com o processo de recuperação das áreas de mata ciliar a jusante a partir da dispersão de seus propágulos pela fauna e pelo leito dos cursos d'água. Além de serem produtoras de sementes possibilitando a troca gênica entre populações (Almeida Júnior, 1999), estas áreas vão atuar como filtro dos nutrientes carreados das encostas e reduzir a velocidade de enxurrada, propiciando uma maior infiltração de água no solo, mantendo a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia (Lima, 1986).

5.3.2 Seleção de técnicas silviculturais de revegetação e enriquecimento

Uma vez estabelecidas as áreas para recomposição, deve-se proceder a escolha de métodos silviculturais a serem usados para cada uma das diferentes classificações das nascentes, utilizando as espécies ecologicamente adaptadas a

cada ambiente. O sucesso desta escolha depende não só dos conhecimentos básicos sobre ecologia, demografia, genética, biogeografia, mas também das informações das condições bióticas e abióticas do sítio; da disponibilidade de tecnologia de silvicultura de espécies nativas, envolvendo produção e beneficiamento de sementes, produção de mudas e implantação da floresta (Kageyama & Gandara, 2001) e da situação sócio-econômica da população circunvizinha (Pereira, 1999).

Para a restauração das APPs no entorno das nascentes perturbadas e degradadas da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz recomenda-se, para a maioria dos casos, o plantio misto com o máximo de diversidade de espécies nativas seguindo o modelo de sucessão secundária e plantio em quincôncio de mudas ou sementes. Busca-se, assim, segundo Rodrigues & Gandolfi (2001), reintroduzir no remanescente ciliar degradado ou perturbado espécies que foram extintas localmente em função da degradação ou do processo sucessional em que se encontra o fragmento a ser recuperado. Kageyama & Gandara (2001) salientam que o plantio misto com o máximo de diversidade de espécies nativas é muito apropriado nas APP, por apresentar maior probabilidade de ter seus polinizadores, dispersores de sementes e predadores naturais, sendo importantes para que as populações implantadas tenham sua reprodução e regeneração natural normais.

Dependendo do grau de perturbação da nascente, considerando a condição do solo, a presença de árvores fornecedoras de semente e o estágio da regeneração natural, poderá ser utilizado o plantio de enriquecimento ou somente a regeneração natural.

Independente do tipo e do estado de conservação da nascente a ser recuperada, o primeiro passo a ser tomado é o isolamento da área num raio de 50 metros da nascente para impedir a invasão por animais domésticos, evitando principalmente a compactação do solo pelo pisoteio e comprometimento da

regeneração natural da área. Como a maioria das nascentes da sub-bacia está circundada por cultura agrícola ou pastagem, o segundo passo a ser tomado é a erradicação das mesmas dentro da área a ser recuperada. A presença de plantas herbáceas ou gramíneas na área pode contribuir inicialmente na cobertura do solo. Entretanto, devem ser controladas para que não exerçam competição com as espécies arbóreas plantadas ou regeneradas naturalmente.

A indicação das espécies para utilização nos processos de recuperação das nascentes foi feita com base nos dados obtidos para a regeneração natural, considerando que a presença de uma espécie na regeneração natural em determinado ambiente indica sua adaptação às condições locais. A partir da observação de similaridade florística da regeneração natural entre as nascentes da mesma categoria (Figura 19b) foi possível agrupar as espécies a serem indicadas para diferentes situações.

As espécies mais abundantes e freqüentes da regeneração natural (Tabela 25) foram separadas em quatro grupos, de acordo com o estado de conservação das nascentes e das condições do ambiente onde se encontraram, dando origem à Tabela 26. Os grupos 1 e 3 apresentam espécies preferenciais de sítios bem drenados das nascentes perturbadas e degradadas, respectivamente; os grupos 2 e 4 apresentam espécies preferenciais de sítios úmidos e/ou brejosos das nascentes perturbadas e degradadas, respectivamente.

As espécies a serem plantadas deverão ser selecionadas dentre as listadas na Tabela 26 e de acordo com a disponibilidade de mudas ou sementes. Se possível, deve-se dar preferência às espécies frutíferas para promover a atração de animais silvestres que são importantes no processo de dispersão, acelerando a dinâmica de sucessão.

Cerca de 70% das espécies listadas na Tabela 26 encontram-se entre as espécies mais abundantes nas matas ciliares da bacia do Alto e Médio Rio Grande (Oliveira-Filho et al., 1995), podendo inferir que há semelhança

TABELA 26 Relação das espécies com potencial para utilização na recuperação das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG separadas nos seguintes grupos: 1 = espécies indicadas para solos bem drenados de nascentes perturbadas; 2 = espécies indicadas para solos úmidos ou encharcados de nascentes perturbadas; 3 = espécies indicadas para solos bem drenados de nascentes degradadas; 4 = espécies indicadas para solos úmidos ou encharcados de nascentes degradadas.

Espécies	Nome vernacular	Grupos para recomposição
Pioneiras		
<i>Aegiphila sellowiana</i> ⁺ *	Pau-de-tamanco	3
<i>Casearia sylvestris</i> ⁺ *	Erva- largato	1,3
<i>Cecropia pachystachya</i> ⁺	Embaúba	1,3,4
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão-de-galo	3
<i>Croton urucurana</i> ⁺	Sangra d'água	2
<i>Gochnatia paniculata</i>	Cambarazinho	1,3
<i>Lithraea molleoides</i> ⁺ *	Aroeira-brava	1,3,4
<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi	1,3,4
<i>Psychotria sessilis</i> ⁺	Folha-miúda	1,2,3,4
<i>Schinus terebinthifolius</i> [*]	Aroeira-vermelha	2
<i>Tapirira guianensis</i> ⁺	Pombeiro	1,2,3,4
<i>Vernonanthura diffusa</i> ⁺	Vassourão-preto	1,4
Clímax exigentes em luz		
<i>Acacia glomerosa</i> ⁺	Espinheiro	3
<i>Chrysophyllum marginatum</i> ⁺	Guatambu-de-leite	1,3
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro-pardo, violeiro	3
<i>Hedyosmum brasiliense</i>	Espiradeira-da-mata	2
<i>Hyeronima ferruginea</i> ⁺	Vermelhão-do-mato	2
<i>Luehea divaricata</i> ⁺	Açoita-cavalo	3
<i>Machaerium nictitans</i> ⁺	Bico-de-pato	1,2,3
<i>Machaerium stipitatum</i> ⁺	Monjolinho	4
<i>Myrcia venulosa</i> ⁺	Guará-mirim-do-campo	1,4
<i>Myrsine umbellata</i> ⁺	Porroca-branca	1,2,3,4
<i>Nectandra nitidula</i> ⁺	Canela-amarela	1,3,4
<i>Ocotea pulchella</i> ⁺ *	Canela-preta	1,3

'continua' ...

TABELA 26, cont.

Espécies	Nome Vernacular	Grupos para recomposição
Clímax exigente em luz		
<i>Persea pyrifolia</i> ⁺	Massaranduba	1,3,4
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	Cravo-do-mato	1
<i>Platypodium elegans</i> ⁺	Jacarandá-branco	3
<i>Protium heptaphyllum</i> ⁺	Breu-vermelho	1,2,3
<i>Tibouchina candolleana</i>	Quaresmeira, manacá	4
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	Quaresma	3,4
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> ⁺	Mamica-de-porca	4
Clímax tolerante à sombra		
<i>Aiouea costaricensis</i>	-	2
<i>Calophyllum brasiliense</i> ⁺	Guanandi	2
<i>Calyptranthes clusiifolia</i> ⁺	Orelha de burro	1,2
<i>Casearia decandra</i> ⁺⁺	Espeto	1,3
<i>Cestrum laevigatum</i>	Dama-da-noite	1,2
<i>Copaifera langsdorffii</i> ⁺⁺	Pau-d'óleo, copaíba	1,2,3
<i>Dendropanax cuneatus</i> ⁺⁺	Maria-mole	1,2
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Fruta-de-juriti	2,3,4
<i>Esenbeckia febrifuga</i>	Mamoninha	1
<i>Eugenia florida</i> ⁺⁺	Pimenteira	1
<i>Guarea kunthiana</i> ⁺⁺	Peloteira	1,2
<i>Lacistema hasslerianum</i> ⁺	Cafeeiro-do-mato	1,3
<i>Nectandra oppositifolia</i> ⁺	Canela-ferrugem	1,3
<i>Siparuna guianensis</i> ⁺	Negramina	1,2,3
<i>Siphoneugena densiflora</i> ⁺	Guaramirim	1,3,4
<i>Tabebuia serratifolia</i> ⁺	Ipê amarelo	4
<i>Talauma ovata</i> ⁺	Pinha-do-brejo	2

⁺ Espécies abundantes nas matas ciliares na bacia do Alto e Médio Rio Grande (Oliveira-Filho et al., 1995)

⁺⁺ Espécies zoocóricas (Carmo & Morellato, 2001).

florística entre estas comunidades.

Nas nascentes *perturbadas pontuais e difusas*, onde a degradação não foi tão acentuada para prejudicar sua resiliência, o simples isolamento destas áreas pode ser efetivo, tendo em vista que, nestes casos, normalmente existe vegetação arbórea em parte da área, o que possibilitará o retorno do processo de regeneração natural das espécies. Nas nascentes perturbadas, as quais tiveram sua resiliência afetada por alterações mais drásticas, recomenda-se o plantio em toda a área sem vegetação ou o enriquecimento, caso exista regeneração natural em andamento. Se a área a ser recuperada encontra-se sobre solos bem drenados, sem influência do curso d'água, recomendam-se as espécies do grupo 1; se a área estiver próxima ao curso d'água, sujeita à inundação periódica ou sob influência do lençol freático em áreas brejosas, recomendam-se espécies tolerantes a solos úmidos, encontradas no grupo 2.

Nas *nascentes degradadas pontuais e difusas*, em função de níveis mais intensos de degradação, sua resiliência encontra-se bastante afetada, sendo necessária uma minuciosa intervenção antrópica para que sejam superados os impedimentos existentes à regeneração natural. Nas nascentes onde a degradação favoreceu o desenvolvimento de populações dominantes de bambus e lianas, espécies típicas da mata ciliar (Rodrigues & Gandolfi, 2001), deve-se realizar o controle do número de indivíduos destas populações para reduzir a competição com a regeneração das espécies arbóreas possibilitando o avanço sucessional. Apenas estes tratamentos não são suficientes para efetiva recuperação destas áreas que, muitas vezes, encontram-se muito pouco vegetadas, havendo a necessidade de plantio para reintrodução das espécies e suprir a falta de árvores matrizes fornecedoras de sementes para a regeneração natural. Se a área a ser recuperada encontra-se sobre solos bem drenados, sem influência do curso d'água, recomendam-se as espécies do grupo 3 na proporção

de 70% e do grupo 1 na proporção de 30%; se a área estiver próxima ao curso d'água, sujeita à inundação periódica ou sob influência do lençol freático em áreas brejosas, recomendam-se espécies do grupo 4, que são tolerantes a solos úmidos. Esta proporção diferenciada entre os grupos de espécies visa a aceleração da dinâmica da recuperação do fragmento pela introdução de espécies presentes em fragmentos mais conservados.

Pelos bons resultados já obtidos em experimentos na região do Alto Rio Grande (Pereira et al., 1999; Botelho et al., 1996; Botelho et al., 1995; Davide & Faria, 1994; Davide et al., 1993a e 1993b;), recomenda-se o plantio em quincôncio, com o uso simultâneo de 50% de espécies pioneiras, 30% de espécies clímax exigentes de luz e 20% de espécies clímax tolerante à sombra.

A definição do espaçamento pode ter como base a densidade média do estrato arbóreo encontrada para as doze nascentes em conjunto, que foi de 1.279 indivíduos/ha, resultando num espaçamento de aproximadamente 3,0 x 2,6 metros. Entretanto, haja vista a inexistência de estudos sobre a densidade de plantio em nascentes e um possível efeito sobre a sua vazão, dada a proximidade do lençol freático, sugere-se, para o espaçamento inicial de plantio, o uso de densidades menores do que a encontrada, independente das condições de degradação.

Devido à localização, a mecanização deverá ser evitada, só sendo utilizada em casos de necessidade de descompactação do solo. Na maioria dos casos, portanto, recomenda-se o coveamento. Os tratos culturais podem limitar-se ao coroamento tanto das mudas já estabelecidas como das mudas plantadas no sistema de enriquecimento e devem ser mantidos até não mais haver competição das espécies invasoras. O controle das formigas e cupins deve ser mantido por até dois anos após o plantio.

6 CONCLUSÕES

As nascentes pontuais apresentaram maior diversidade de espécies (204) quando comparadas com as nascentes difusas (96).

As nascentes perturbadas apresentaram densidade bem superior às nascentes degradadas, com valores de 1.795 indivíduos/ha e 642 indivíduos/ha no estrato arbóreo e 18.020 indivíduos/ha e 8.321 indivíduos/ha na regeneração natural, respectivamente.

Há predomínio de espécies de estádios iniciais da sucessão nas nascentes degradadas e de estádios mais avançados nas perturbadas.

A análise de correspondência retificada (DCA) mostrou uma tendência de separação das nascentes em 4 grupos distintos, os quais vão ao encontro da classificação das nascentes nas suas respectivas categorias.

Foram indicadas 48 espécies com potencial para revegetação das nascentes, distinguindo-as em função do estado de conservação das nascentes e da condição de umidade do solo encontrada.

Das espécies recomendadas para a recuperação das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, 70% são encontradas nas matas ciliares da bacia do Alto e Médio Rio Grande.

As espécies que se destacaram quanto à ocorrência em todas as categorias de nascentes foram: *Tapirira guianensis*, *Piper aduncum*, *Cecropia pachystachya*, *Lihtraea molleoides*, *Myrsine umbellata*, *Dendropanax cuneatus*, *Vernonanthura diffusa*, *Machaerium nictitans*, *Casearia sylvestris*, *Casearia decandra*, *Talauma ovata*, *Erytroxylum decidum*, *Nectandra nitidula*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Hyeronima ferruginea*, *Psychotria sessilis* e *Miconia chamissois*.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. S. de. Florística e fitossociologia de fragmentos da floresta estacional semidecidual, Viçosa, Minas Gerais. 1999. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais . . . Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; PRADO, N. J. S.; FONSECA, E. M. B. Implantação de Mata Ciliar. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 36 p.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. Cerne, Lavras, v. 2, n. 1, p. 43-52, 1996.

BOTREL, R. T. Fragmentação florestal no município de Ingaí-MG: composição florística, estrutura da comunidade arbórea e etnobotânica. 2001. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. Field and laboratory methods for general ecology. Dubuque: W. M. C. Brow, 1984. 226 p.

CARMO, M. R. B. do; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da bacia do Rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. Matas ciliares: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 125-141.

CARVALHO, W. A. C. Variações da composição e estrutura do comportamento arbóreo da vegetação de oito fragmentos de floresta semidecídua do vale do alto Rio Grande, MG. 2002. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. VILELA, E. A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M. A. L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de Florestas Ripárias do Alto São Francisco e Bacia do Rio Doce – MG.** Lavras: UFLA/ CEMIG, 1999. 39 p.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº10**, de 01 de outubro de 1993. Brasília: MMA, 1993.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Recomposição de matas ciliares em dois sítios às margens da represa de Camargos/Itutinga, MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 3. - FOREST'94. **Anais. . .** Porto Alegre, 1994. p. 46-47.

DAVIDE, A. C.; SCOLFORO, J. R. S.; FARIA, J. M. R. Adaptação de 12 espécies florestais em área de empréstimo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais. . .** Curitiba, SBS/SBEF, 1993a. p. 754.

DAVIDE, A. C.; SCOLFORO, J. R. S.; FARIA, J. M. R. Comportamento silvicultural de 7 espécies florestais em área de empréstimo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais. . .** Curitiba, SBS/SBEF, 1993b. p. 756.

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 159-167.

HILL, M. O.; GAUCH, H. G. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 42, n. 1, p. 47-58, Feb. 1980.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 249-269.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e conservação. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1993. p. 12-20.

LEITÃO-FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. IPEF, Piracicaba, v. 35, n. 1, p. 41-46, abr. 1987.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. Anais. . . Campinas, SP: Fundação Cargil, 1989. p. 25-42.

~~LIMA~~, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p. (Texto básico para a disciplina "Manejo de Bacias Hidrográficas").

LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 143-158.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC_ORD version 4. 0, multivariate analysis of ecological data, Users guide.** Glenden Beach, Oregon: MjM Software Design, 1999. 237 p.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, M. **Aims and methods of vegetation ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário tardio. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/ Fapesp, 2001. p. 73-89.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do Alto e Médio Rio Grande.** Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27 p. (Boletim Técnico, 11. 106-MA/PA-013)

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M.; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 67-85, jul. 1994a.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura da comunidade de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, Rio de Janeiro, v. 17 n. 2, p. 159-174, dez. 1994b.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; VILELA, E. de A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brasil. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 483-508, July 1994c.

PEREIRA, J. A. A. **Efeitos dos impactos ambientais e da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade e estrutura da comunidade arbórea de 20 fragmentos de florestas semidecíduas da região do Alto Rio Grande, Minas Gerais.** 2003. 156 p. Tese (Doutorado - Curso de Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

PEREIRA, J. A. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Desenvolvimento de espécies florestais de rápido crescimento em diferentes condições de sítio visando a recomposição de matas ciliares. *Cerne*, Lavras, v. 5, n. 1, p. 36-51, 1999.

PEREIRA, R. de A. **Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no município de Viçosa, MG.** 1999. 203 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p. 45-71.

SILVA, V. F. da. **Impacto do fogo na vegetação de um fragmento de floresta semidecídua no município de Ibituruna-MG.** 2002, 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SIMÕES, L. B. Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias. 2001. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

SOUZA, J. S. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras, MG. 2001. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Vegetatio*, The Hague, v. 75, n. 2, p81-86, Apr. 1988.

VAN den BERG, E. Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga - MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ZAKIA, M. J. B. Identificação e caracterização da zona ripária em uma sub-bacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas. 1998. 98 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade Paulista, São Carlos SP.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Ficha de campo utilizada para obter informações sobre as nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.....	159
TABELA 2A	Resumo das principais características das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz.....	160

TABELA 1A Ficha de campo utilizada para obter informações sobre as nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG.

Proprietário: _____ Data: _____

Nº da nascente:					
COORDENADAS		Latitude		Longitude	
Altitude					
Erro:					
Tipo de nascente:					
VEGETAÇÃO					
Raio		Observações			
Acima					
Abaixo					
Direita					
Esquerda					
Vazão			Calha		
Q1	Q2	Q3	Pequena	Grande	Balde
COORDENADAS		Latitude		Longitude	
Altitude					
Erro:					
VEGETAÇÃO					
Raio		Observações			
Acima					
Abaixo					
Direita					
Esquerda					
TIPO PERTURBAÇÃO					
Corte raso da vegetação nativa				Presença de animal doméstico	
Corte seletivo da vegetação				Presença de plantas invasoras	
Vestígio de queima				Presença de lixo	
ESPÉCIES:					
Nº FOTO		Observações			

TABELA 2A Resumo das principais características das nascentes da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. N = nascente; Long = longitude; Lat = latitude; Av = área de vegetação nativa no entorno da nascente; Class = classificação (1 = preservada; 2 = degradada; 3 = perturbada); Tipo = tipo de nascente (P = pontual; D = difusa); Q = vazão; AR = área de recarga.

N	Long	Lat	Av(m ²)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
1	501867	7641760	7854	1	P	0,000071	36851
2	501928	7642058	7854	1	P	0,000000	44155
3	502166	7642125	7854	1	P	0,000009	73988
4	502279	7642117	79	2	P	0,000013	29051
5	502236	7642387	448	3	P	0,000076	55372
6	502586	7642030	6283	3	P	0,000006	61893
7	503126	7642660	4320	3	P	0,000038	79602
8	503896	7642989	572	2	D	0,000015	209250
9	504243	7643088	7854	1	P	0,000065	} 41520
10	504246	7643090	7069	3	P	0,000046	
11	504224	7643078	7854	1	P	0,000212	75761
12	504243	7643677	269	2	P	0,000109	20235
13	504177	7643881	7854	3	P	0,000038	64809
14	502615	7643654	942	3	D	0,000060	30788
15	502518	7643641	848	3	D	0,000146	56197
16	502493	7643620	275	2	D	0,000129	47828
17	501670	7642537	471	2	P	0,000009	35007
18	501374	7642503	1571	3	P	0,000125	157100
19	501485	7642790	648	3	D	0,000064	27896
20	502668	7644208	1065	3	D	0,000000	} 109034
21	502701	7644238	707	3	D	0,000444	
22	503101	7644642	1880	3	P	0,000211	81850
23	503114	7645016	2474	3	P	0,000212	46626
24	503092	7645382	1363	3	D	0,000258	163220
25	504153	7644171	196	3	P	0,000120	50818
26	501096	7641936	7854	1	P	0,002083	25901
27	504562	7644344	471	3	D	0,000134	288973
28	505014	7644797	445	2	P	0,000191	222186
29	505039	7644904	220	2	P	0,000196	24280
30	504678	7645413	471	2	D	0,000597	67970

'continua'...

TABELA 2A, cont.

N	Long	Lat	Av(m ³)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
31	504762	7645832	4163	3	D	0,000143	46312
32	504839	7646084	3927	3	P	0,000020	155386
33	505339	7646589	432	3	P	0,000129	147782
34	504879	7646636	3534	2	D	0,000057	7030
35	504417	7646655	471	3	D	0,000000	43717
36	504032	7646946	7854	1	D	0,000014	33292
37	502653	7647506	3122	2	D	0,000444	159122
38	504201	7645824	2356	3	D	0,000043	149827
39	502151	7647437	440	2	P	0,000005	54799
40	502182	7646884	1885	3	D	0,000200	10079
41	501382	7646689	2702	3	D	0,000298	52942
42	500688	7645895	3142	2	D	0,000171	220505
43	501243	7645523	5498	2	D	0,000151	200325
44	502034	7645838	697	2	D	0,000005	117772
45	502908	7648767	1806	3	D	0,000541	25414
46	503972	7649225	7854	1	D	0,000038	24317
47	504158	7649204	589	2	D	0,000006	21400
48	504640	7649278	3574	3	P	0,000028	41991
49	504966	7649215	3927	3	D	0,000004	30831
50	505179	7649457	7854	1	P	0,000006	18108
51	505837	7649466	7854	1	P	0,000041	8352
52	505760	7649514	7854	1	P	0,000035	12955
53	506067	7649295	7854	1	D	0,000028	50199
54	505721	7648263	2356	3	P	0,000019	182829
55	505071	7647166	4477	3	P	0,000021	92761
56	504734	7647166	518	2	P	0,000212	163344
57	505744	7644905	4123	3	D	0,001001	86984
58	505531	7645493	1532	3	D	0,000109	130498
59	505597	7645822	5890	2	D	0,001001	54087
60	505610	7646549	1571	3	P	0,000153	201874
61	505733	7646358	7854	1	P	0,000118	44497
62	505939	7646784	5105	3	P	0,000021	16106
63	506116	7646274	550	2	D	0,000031	163676
64	506797	7646190	7069	3	D	0,000155	28901
65	506697	7646592	1791	2	D	0,000329	30031

'continua'...

TABELA 2A, cont.

N	Long	Lat	Av(m ²)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
66	507132	7647343	895	3	P	0,000019	91850
67	507172	7647571	4712	3	D	0,000143	38941
68	505158	7647523	1963	3	P	0,000031	17653
69	505128	7648411	2262	3	D	0,000097	34504
70	506419	7649353	817	3	P	0,000230	24698
72	507398	7648161	4398	2	D	0,000052	133114
73	507154	7648753	3299	2	D	0,000347	47914
74	508575	7649876	2592	3	P	0,000098	404190
75	509387	7649553	942	3	P	0,000069	75343
76	509532	7650921	1924	3	P	0,000018	134794
77	509315	7651385	393	2	D	0,000008	3189
78	509263	7651351	3927	3	D	0,000041	5413
79	509559	7651151	440	3	P	0,000002	71265
80	509222	7651455	864	3	D	0,000036	49716
81	509750	7651748	1885	3	P	0,000067	79546
82	509399	7652208	3220	3	P	0,000015	25114
83	509933	7651876	2670	3	D	0,000006	77288
84	510187	7652283	7854	1	D	0,000003	75408
85	511170	7652163	1084	2	D	0,000499	200052
86	511393	7652022	375	2	P	0,000016	67907
87	505405	7649762	3927	3	D	0,000006	119505
88	506669	7649851	884	3	D	0,000016	93523
89	506832	7649766	2121	3	P	0,000057	70186
90	507038	7651692	550	3	D	0,000006	9931
91	506914	7651876	707	3	P	0,000015	75082
92	506574	7652024	102	3	P	0,000043	186008
93	505977	7652191	408	2	P	0,000478	167941
94	505987	7651618	1963	3	P	0,000001	} 50751
177	505941	7651582	778	3	D	0,000006	
95	505648	7654537	1100	3	P	0,000183	44319
96	505915	7651331	1963	3	D	0,000928	104505
97	505060	7651238	5262	3	P	0,000141	82967
98	505212	7651454	1473	2	P	0,000007	14140
99	504211	7651483	2749	3	D	0,000030	193664
100	504007	7652318	130	2	D	0,000093	162960

'continua'...

TABELA 2A, cont.

N	Long	Lat	Av(m ²)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
101	504302	7652521	3848	3	P	0,000152	125422
102	505405	7653428	1885	3	D	0,000418	104133
103	504679	7653401	39	2	P	0,000586	158736
104	504997	7653038	785	3	D	0,001753	89608
105	506193	7653297	3770	3	D	0,000670	312063
106	506447	7653668	137	2	P	0,000105	129690
107	506950	7653167	1571	3	D	0,000050	118285
108	506975	7652364	2050	3	D	0,000033	96710
109	507587	7652305	2749	3	P	0,000063	173433
110	507735	7652011	1021	3	D	0,000211	163062
111	509081	7651864	7854	1	P	0,000012	34584
112	509054	7652538	1335	3	P	0,000041	185618
113	508692	7652872	2435	3	D	0,000067	101519
114	508504	7653268	3958	3	D	0,000076	68260
115	508886	7653225	2121	3	P	0,000028	30931
116	507229	7653435	1414	3	D	0,000027	64596
117	504417	7653704	3142	3	P	0,000050	230492
118	504596	7654079	2333	2	D	0,000048	92544
119	502272	7655498	1571	3	D	0,000657	192271
120	502324	7656956	393	3	P	0,000499	95150
121	503208	7656548	324	2	D	0,000123	106685
122	503592	7656056	7854	1	P	0,000006	64851
123	503760	7656040	628	3	P	0,000024	43932
124	503832	7655727	201	3	D	0,000440	80812
125	504167	7655398	3204	3	P	0,000094	36726
126	505209	7654780	1257	3	P	0,000121	13452
127	506157	7655323	7854	1	D	0,000164	277667
128	505441	7654034	2686	3	P	0,000170	236789
129	508874	7655138	6283	3	P	0,000296	184982
130	509599	7655383	6912	3	P	0,000020	156484
131	509888	7655642	7854	1	P	0,000018	39655
132	510319	7655399	7854	1	P	0,000009	94433
133	510696	7655724	7854	1	P	0,000037	47489
134	510892	7655437	7854	1	P	0,001046	49548
135	512415	7654090	7854	1	P	0,000013	65061
136	501638	7642943	5498	3	P	0,000024	38135

'continua'...

TABELA 2A, cont.

N	Long	Lat	Av(m ²)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
137	501945	7641985	1442	2	P	0,000088	1926
138	401524	7643180	204	3	P	0,000050	88493
139	502025	7643422	3456	3	P	0,000143	43151
140	502042	7643285	4555	3	D	0,000088	20521
141	503561	7645711	628	2	D	0,000200	137538
142	505225	7646831	2808	3	P	0,000012	14311
143	504029	7648704	94	2	D	0,000007	7169
144	507669	7648833	4869	3	D	0,000168	35613
145	506870	7649395	6283	3	P	0,000016	7250
146	507231	7650243	2199	3	P	0,000008	67867
147	507284	7650280	1885	3	P	0,000009	} 11910
148	507301	7650341	1885	2	D	0,000187	
149	506106	7651142	0	2	P	0,000076	74974
150	506563	7651242	7854	1	D	0,000021	79360
151	506693	7651368	2278	3	D	0,000016	33386
152	509097	7651321	6220	2	D	0,000076	26894
153	509438	7652667	942	3	P	0,000067	60796
154	509480	7653077	3299	3	P	0,000016	36735
155	509076	7653181	1728	3	P	0,000065	33337
156	508990	7653199	643	3	P	0,000079	70574
157	507497	7653436	628	3	D	0,000007	7256
158	507373	7653960	2375	3	P	0,000007	42260
159	505997	7654310	2356	3	P	0,000076	76004
160	505756	7654664	94	2	D	0,000555	53538
161	504442	7652254	412	3	P	0,000032	13894
162	508481	7652209	5498	3	D	0,000134	21798
163	501413	7644969	7854	1	D	0,000347	362196
164	501167	7644170	6283	1	D	0,000176	242341
165	764272	500936	4555	3	P	0,000019	51139
166	500955	7642673	2356	3	P	0,000002	111631
167	502687	7647956	5	2	D	0,000000	231106
168	503339	7647873	5969	3	D	0,000000	6625
169	507824	7649620	283	2	D	0,000000	131044
170	511110	7652673	4552	3	D	0,000000	49906
171	506467	7652222	550	3	D	0,000000	37768

'continua'...

TABELA 2A, cont.

N	Long	Lat	Av(m ²)	Class	Tipo	Q(m ³ /s)	AR(m ²)
172	504808	7654979	0	2	D	0,000000	4873
173	508895	7654803	4552	2	D	0,000000	8566
174	511696	7652306	2199	2	P	0,000000	60784
175	504182	7643476	2200	2	D	0,000000	43015
176	512930	7654598	7854	1	P	0,000000	32353
178	505206	7651595	314	3	P	0,000025	24533