

JOANA ANGÉLICA CAVALCANTI PINHEIRO

**ANÁLISE DA PAISAGEM E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL EM UMA MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P654a  
2015

Pinheiro, Joana Angélica Cavalcanti, 1982-  
Análise da paisagem e áreas prioritárias para restauração  
florestal em uma microbacia da Zona da Mata Mineira / Joana  
Angélica Cavalcanti Pinheiro. – Viçosa, MG, 2015.  
xi, 103f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Floresta - Conservação. 2. Bacias hidrográficas. 3. São  
Bartolomeu, Ribeirão, Bacia (MG). 4. Solo - Uso. 5. Proteção  
ambiental. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Solos e Nutrição de Plantas. Programa de Pós-graduação em  
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

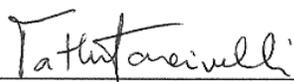
CDD 22. ed. 634.941

JOANA ANGÉLICA CAVALCANTI PINHEIRO

**ANÁLISE DA PAISAGEM E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL EM UMA MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de maio de 2015.



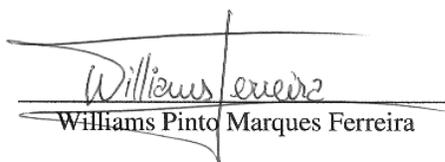
Tathiane Santi Sarcinelli  
(Coorientadora)



Pedro Christo Brandão



Márcio Rocha Francelino



Williams Pinto Marques Ferreira



Elpídio Inácio Fernandes Filho  
Orientador

Ao meu filho, Bernardo, por mostrar-me o amor incondicional e inspirar-me a ser uma pessoa melhor.

Aos meus pais, Ronaldo e Marina, por todo o amor, o carinho, a compreensão e o incentivo.

À minha avó, Maria de Lourdes (*in memoriam*), pelos valiosos ensinamentos e por todo o amor e o carinho.

Ao meu irmão, Luciano, e à minha sobrinha, Ana Flávia, pelo apoio e incentivo.

Ao meu marido e pai do meu filho, Euclides, pelo companheirismo e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pelos ensinamentos e oportunidade de realização do curso.

Ao meu filho Bernardo, por ser o maior incentivo da minha vida.

Aos meus pais, sempre amáveis e incentivadores do meu estudo.

Ao Euclides por todo o incentivo e ajuda no decorrer do doutorado.

Ao meu irmão e à minha sobrinha Ana Flávia.

Aos meus compadres, Gustavo e Érika, e aos amigos Mauro Lúcio e Natália pela grande amizade.

Ao professor Elpídio Inácio Fernandes Filho pela atenção e disponibilidade na orientação deste estudo.

Ao professor Vicente Paulo Soares e a Tathiane Santi Sarcinelli que colaboraram na orientação, e aos demais integrantes da banca.

Ao professor Adelson de Azevedo Moreira por disponibilizar material da delimitação das propriedades rurais na bacia do São Bartolomeu.

Ao Guilherme de Castro Oliveira e ao Victor Hugo Persil por colaborarem com a delimitação das Áreas de Preservação Permanente de topos de morros e de encostas.

Às amigas Michelle e Raquel, por estarem sempre por perto.

Aos colegas da CPRM – Porto Velho pelo incentivo, em especial ao Herculys Pessoa e Castro, pela prestatividade em auxiliar nos trabalhos.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa.

## **BIOGRAFIA**

JOANA ANGÉLICA CAVALCANTI PINHEIRO, filha de Ronaldo Luiz Neves Pinheiro e Marina Cavalcanti Pinheiro, nasceu em 23 de maio de 1982 na cidade de Valença, Rio de Janeiro.

Em 2001, iniciou o curso de Bioquímica na Universidade Federal de Viçosa, transferindo para Engenharia Florestal no ano de 2003, sendo o mesmo concluído em outubro de 2006.

Em outubro de 2006 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas, na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de *Magister Scientiae* em setembro de 2008.

Em julho de 2011 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, na área de Geoprocessamento, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de *Doctor Scientiae* em agosto de 2015.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ESTRUTURA DA PAISAGEM E REPRESENTATIVIDADE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA .....</b>	<b>9</b>
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAIS E MÉTODOS .....	13
Caracterização da área de estudo.....	13
Descrição da estrutura da paisagem.....	14
Representatividade fisiográfica e pedológica dos usos do solo .....	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
Análise da fragmentação da paisagem.....	20
Análise da fragmentação florestal por classe de tamanho .....	22

Análise dos maiores fragmentos.....	26
Representatividade de atributos fisiográficos e pedológicos .....	27
CONCLUSÕES .....	36
REFERÊNCIAS.....	36
<b>USOS DAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS, SEGUNDO O CÓDIGO FLORESTAL, EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA .....</b>	<b>42</b>
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO .....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
Base de dados .....	45
Identificação das Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Uso Restrito e de Reserva Legal.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
CONCLUSÕES .....	61
REFERÊNCIAS.....	62
<b>ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MIENIRA .....</b>	<b>64</b>
RESUMO.....	64
ABSTRACT.....	65
INTRODUÇÃO .....	66
MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
Elaboração do mapa de fatores.....	69
Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Áreas de Uso Restrito (AUR)	69
Proximidade entre fragmentos florestais.....	69
Proximidade entre fragmentos de maior área nuclear .....	70
Compartimentos da paisagem com menor ocupação florestal .....	70
Distância de área urbana .....	71
Distância das estradas .....	72

Tipo de solo (vulnerabilidade à erosão).....	72
Análise multicritério pela Média Ponderada Ordenada (MPO) .....	72
Classificação das áreas prioritárias e comparação das simulações de cenários de restauração florestal.....	76
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>77</b>
Análise segundo intervalos iguais .....	77
Análise do histograma acumulado.....	88
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>103</b>

## RESUMO

PINHEIRO, Joana Angélica Cavalcanti, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2015. **Análise da paisagem e áreas prioritárias para restauração florestal em uma microbacia da Zona da Mata Mineira.** Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Coorientadores: Vicente Paulo Soares e Tathiane Santi Sarcinelli.

A floresta natural, além da manutenção da biodiversidade, é capaz de retardar o escoamento superficial da água da chuva, atenuando os picos de vazão nos cursos d'água e amenizando as baixas vazões no período de estiagem. A bacia do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG, é de primordial importância para o abastecimento de água do município, além de manter fragmentos florestais importantes para a conservação da biodiversidade. Dessa forma, procurou-se realizar análises da bacia hidrográfica em diferentes perspectivas, sendo composta por três artigos, onde se considera a análise da estrutura da paisagem, do Código Florestal e a definição de áreas prioritárias para restauração florestal. O primeiro artigo objetivou caracterizar a estrutura dos fragmentos florestais remanescentes na paisagem e avaliar a sua representatividade quanto aos aspectos da compartimentação geomorfológica, das faces de orientação e das classes de solos. A floresta natural, comparando-se aos demais usos do solo, possui elevado tamanho médio e número de fragmentos, resultando assim em grande ocupação na bacia estudada. A ocupação florestal na paisagem é não aleatória, sendo dependentes de características fisiográficas e pedológicas da paisagem. O segundo artigo teve como objetivo analisar as áreas legalmente protegidas e os conflitos de uso existentes na bacia

de captação. As delimitações das áreas protegidas e as análises de sobreposição de uso foram realizadas por meio do uso de técnicas de geoprocessamento. Os resultados demonstraram que a pastagem é o principal conflito de uso existente nas APPs e AURs. A área protegida por AURs foi superior à soma de todas as categorias de APP, revelando que esta categoria possui grande potencial para conservação dos fragmentos florestais. Já o total de área destinada à RL reduziu em 5,2% a sua ocorrência na bacia ao se considerar as áreas consolidadas. As propriedades com dimensão inferior a um módulo fiscal apresentaram as maiores proporções de conflitos de uso do solo nas APPs e AURs, apesar de possuírem a maior quantidade absoluta de áreas com cobertura florestal. No terceiro artigo, objetivou-se identificar as áreas prioritárias para restauração florestal na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, visando primordialmente à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Foram analisados cenários com diferentes graus de risco, através da Média Ponderada Ordenada (MPO), considerando os critérios avaliados como os mais importantes para a definição dessas áreas prioritárias. Foram utilizadas duas metodologias pra determinar as áreas prioritárias nos mapas finais, denominadas como análise com intervalos iguais (tradicional) e análise gráfica do histograma acumulado. Comparando os cenários melhores avaliados de cada método, nota-se uma consideração mais eficiente das classes prioritárias dos fatores no método do histograma acumulado. A definição do mapa de prioridade a ser executada na restauração deve ser realizada a partir da consideração da disponibilidade financeira e da viabilidade operacional do projeto. Espera-se que este estudo possa ser levado em consideração por estudos acadêmicos subsequentes e pelos órgãos públicos que visem à ordenação do uso e ocupação na bacia do ribeirão São Bartolomeu.

## ABSTRACT

PINHEIRO, Joana Angélica Cavalcanti, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2015. **Analysis of the landscape and priority areas for forest restoration in a watershed from the Minas Forest Area.** Adviser: Elpidio Ignatius Fernandes Filho. Co-Advisers: Vicente Paulo Soares and Tathiane Santi Sarcinelli.

The natural forest, besides maintaining the biodiversity, is able to delay the superficial runoff of rainwater, attenuating the peak flows in the waterways and softening the low runoffs in the period of drought. The basin of the São Bartolomeu brook, in Viçosa-MG, is extremely important for the city's water supply, in addition to keeping important forest fragments for the conservation of the biodiversity. Therefore, we sought to analyze the hydrographic basin in different perspectives, being composed of three chapters, where we consider the analysis of the landscape structure, the Forest Code and the definition of the priority areas for forest restoration. The first chapter aimed at characterizing the remaining forest fragments in the landscape and at evaluating its representativeness regarding the aspects of the geomorphological subdivision, orientation surfaces and soil classes. The natural forest, comparing to the other soil uses, has an elevated average size and number of fragments, resulting in a great occupation of the basin studied. The landscape forest occupation is not random, they depend on the physiographic and pedological characteristics of the landscape. The second chapter aimed at analyzing the legally protected areas and the conflicts of use that exist in the catchment basin. The delimitations of the protected areas and the analysis of use overlay

were carried out by the use of geoprocessing techniques. The results showed that the pasture is the main use conflict in the APPs and AURs. The area protected by AURs was superior to the sum of all the APP categories revealing that this category has great potential for the conservation of the forest fragments. The total area reserved for RL reduced in 5.2% in the basin when considering the consolidated areas. The properties with dimension inferior to a fiscal module presented higher proportions of soil use conflicts in the APPs and AURs, although they have a higher absolute amount of areas with forest coverage. The third chapter aimed at identifying the priority areas for forest restoration in the catchment basin of the São Bartolomeu brook, aiming primarily at the conservation of water resources and biodiversity. The analysis was done on scenarios with different risk degrees, through the Ordered Weighted Average (OWA), considering the criteria evaluated as the most important for the definition of these priority areas. Two methodologies were used to determine the priority areas in the final maps, called analysis with equal intervals (traditional) and graphic analysis of the cumulative histogram. Comparing the best evaluated scenarios of each method, you can see a more efficient consideration of the priority classes of the factors in the cumulative histogram method. The definition of the priority map to be executed in the restoration must be done through the consideration of financial availability and operational viability of the project. This study is expected to be taken into consideration by academic studies and by the public bodies that aim at ordering the use and occupation of the São Bartolomeu brook basin.

## INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por madeira e a expansão das fronteiras agrícolas, dentre outros fatores, promoveram drástica redução na área com cobertura florestal da Floresta Atlântica. Considerando-se apenas a vegetação primária, os remanescentes dessa floresta se encontram, em sua maioria, em unidades de conservação e áreas inacessíveis. Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que na Floresta Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais, 35% existentes no Brasil, incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, o que a torna altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial (MMA, 2015).

Atualmente, de acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2013), restam somente 8,5% de remanescentes florestais da Floresta Atlântica com área acima de 100 hectares, que podem ser considerados representativos para a conservação da biodiversidade. De acordo com Metzger (2000), o processo de fragmentação leva à formação da paisagem em mosaico, com a estrutura constituída por manchas ou fragmentos, corredores ecológicos e a matriz, que representa o elemento (tipo de ecossistema) que ocupa a maior área, possui a mais extensa conectividade ou que exerce a maior influência sobre os demais elementos.

A fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros de mortalidade e natalidade de diferentes espécies, e consequentemente a estrutura e dinâmica dos ecossistemas. No caso de espécies arbóreas, a alteração na

abundância de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos alteram as taxas de recrutamento de plântulas (VIANA & PINHEIRO, 1998), favorecendo o endocruzamento e conseqüentemente a extinção de populações locais (PÉRICO & CEMIN, 2006).

Além da perda de espécies provocada pela fragmentação, pode ocorrer, inicialmente, uma migração de espécies para os fragmentos florestais, que podem funcionar como refúgios. Extinção, dispersão e colonização são frequentes até que ocorra o estabelecimento de um novo equilíbrio (LOVEJOY, 1980). Espécies raras e com pequena área de distribuição, assim como aquelas que necessitam de *habitats* muito amplos ou especializados, parecem mais suscetíveis aos efeitos da fragmentação (TURNER, 1996). A riqueza e a abundância de certas espécies florestais dependem das características estruturais dos fragmentos para existirem (METZGER, 2000). Além disso, a fragmentação pode resultar na erosão dos solos e no assoreamento e poluição de corpos d'água (SILVA, 2002), por privar o solo de sua cobertura florestal nativa.

Em uma análise hidrológica, a floresta é capaz de retardar o escoamento superficial da água da chuva, atenuando os picos de vazão nos cursos d'água, sendo que após o período das chuvas, a água é liberada gradativamente, amenizando as baixas vazões no período de estiagem. Assim, a recuperação da cobertura florestal contribui para o aumento da capacidade de armazenamento da água na bacia hidrográfica e, analogamente, atenua o pico de cheia na estação chuvosa (LIMA, 2005). Estando a bacia hidrográfica com cobertura florestal pouco perturbada em fragmentos representativos abrangendo locais frágeis do relevo, normalmente manterá uma boa condição de funcionamento ecológico e hidrológico. Quando ocorrem situações em que o rendimento hídrico nas bacias hidrográficas situa-se abaixo da demanda, é imprescindível o estabelecimento de um manejo visando à conservação de solo e água.

Dentro desta ótica, a bacia hidrográfica deve ser considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e os serviços ambientais podem ser mantidos para atender às necessidades da crescente população mundial (BROOKS et al., 1991).

A floresta presente nas margens dos cursos d'água garante alimento e nutrientes para a biota aquática, bem como assegura a estabilidade da temperatura do corpo hídrico. Parâmetros de qualidade da água e a ciclagem de nutrientes são melhorados com a presença de mata ciliar, como demonstrado em diversos trabalhos (RIZZI, 1985;

MAGETTE et al., 1989; MOLDAN & CERNY, 1994; MUSCUTT et al., 1993; VITAL et al., 2004; LIMA, 2005; DONADIO et al., 2005).

De acordo com Pereira (1999), no Município de Viçosa, MG, a cobertura florestal, levando-se em conta a vegetação secundária, corresponde a 20% de sua área, e o tamanho médio dos fragmentos florestais é de 13 ha. Essa fragmentação torna o ecossistema frágil, despertando preocupações, evidenciando a necessidade de estudos visando subsidiar ações para a manutenção da sustentabilidade dos fragmentos. É oportuno salientar que a sociedade civil, organizações não governamentais e o poder público têm se mobilizado no sentido de contribuir com a conservação desses remanescentes, por meio da implantação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) na bacia do ribeirão São Bartolomeu, visando o planejamento das ocupações para que a bacia hidrográfica possa continuar produzindo água em qualidade e regularidade necessárias ao abastecimento municipal e à conservação da biodiversidade.

Outro instrumento legal que visa auxiliar na conservação dos remanescentes florestais é o Código Florestal (Lei 12.651/2012), onde normas gerais são estabelecidas sobre a proteção da vegetação natural. A adequação legal dos usos do solo visa conservar a biodiversidade local e proteger as áreas mais frágeis do relevo, sendo nítida a associação da proteção da vegetação natural à proteção dos recursos hídricos.

Quando os organismos estão confinados a ambientes específicos e a nichos ecológicos, há poucas espécies da fauna e da flora de distribuição ampla, ou seja, que toleram condições diversas (SARCINELLI et al., 2012). A face de exposição pode influenciar a diversidade de espécies florestais, resultando em sítios com prevalência de determinadas espécies de acordo com a sua localização no relevo e sua exposição solar (DURIGAN et al., 2008). Assim, as áreas florestais anteriormente contínuas, ao ficarem isoladas em fragmentos menores, podem não conter todas as espécies originais ou apresentar número reduzido de indivíduos dessas espécies, em virtude da distribuição natural em manchas das espécies em resposta à heterogeneidade ambiental (SCARIOT et al., 2005). Vidolin et al. (2011), analisando a estrutura da paisagem, relevaram que a proximidade entre os fragmentos favoreceram a conectividade estrutural da paisagem, agregando alto valor de conservação da biodiversidade.

Sabendo que a diversidade de habitats é função da heterogeneidade do ambiente físico, é de suma importância priorizar fragmentos florestais que sejam raros na paisagem, devido à sua localização. Dentre esses, destacam-se os fragmentos situados em topografias planas e suaves, em solos férteis e bem drenados e próximos das vias de

transporte. Esses fragmentos, em muitos casos, apresentam pequenas populações de espécies ameaçadas de extinção (VIANA & PINHEIRO, 1998). Portanto, devem-se privilegiar áreas que aumentem a heterogeneidade espacial da paisagem e que considerem feições ecogeográficas únicas, que podem ser de vital importância para a manutenção das populações de determinadas espécies (COLLI et al., 2005).

Sartori et al. (2012), em estudos para definir áreas prioritárias à conectividade florestal, mostraram que a utilização de análise multicriterial foi adequada ao mapeamento, uma vez que fragmentos com maiores áreas nucleares foram conectados com fragmentos pequenos, predominantes na paisagem, resultando na formação de fragmentos maiores a partir da formação de corredores florestais e da recomposição da vegetação.

Dessa forma, nota-se a importância do conhecimento da paisagem na qual se deseja obter produção de água de forma sustentável, agregando conhecimentos de diferentes locais para que se possam definir as áreas prioritárias de conservação na bacia hidrográfica. Para isso, o entendimento da fragmentação florestal, sob a ótica da ecologia da paisagem torna-se essencial, pois fornecerá indicativos do grau de fragmentação, isolamento, tamanho, borda e área nuclear dos fragmentos, além de sua representatividade em relação à atributos topográficos e pedológicos. A legislação florestal também deve ser considerada, já que fornece as diretrizes que devem ser seguidas para determinar as áreas de vegetação nativa que devem ser preservadas, trazendo benefícios para a conservação dos fragmentos florestais e, conseqüentemente, dos recursos hídricos.

No estado de Minas Gerais, mais especificamente na Zona da Mata, a Floresta Estacional Semidecidual configura-se como a formação florestal predominante, encontrando-se restrita, principalmente, a fragmentos situados em topos de morros, relevos acidentados ou áreas impróprias para o cultivo agrícola e pastejo (PINTO, 2005). No município de Viçosa-MG, o ribeirão São Bartolomeu é o responsável por grande parte do abastecimento de água do município de Viçosa, sendo que para suprir a necessidade diária de água pela população da cidade, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) faz a captação e tratamento de água pelo ETA I, abastecendo cerca de 70% da população do município no período chuvoso e 30% no período seco (PSA, 2009). O aumento crescente da população no município e o crescimento da urbanização na região reforçam a idéia de que medidas visando à conservação dos fragmentos florestais em locais estratégicos são extremamente necessárias para que a bacia consiga

manter fragmentos ecologicamente estáveis, além de suprir de maneira satisfatória a demanda por água.

Com este trabalho pretendeu-se agregar conhecimentos da paisagem e, notadamente, dos fragmentos florestais na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG, subsidiando a identificação de áreas prioritárias para restauração florestal visando à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Para isso, o trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira etapa o objetivo foi avaliar a representatividade dos fragmentos florestais na estrutura da paisagem; na segunda foi realizar a análise das áreas consideradas protegidas pelo Código Florestal; e na última foi identificar as áreas prioritárias para restauração florestal por meio de uma análise multicritério.

## REFERÊNCIAS

BROOKS, K. N.; FFOLLIOT; P. F.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. **Hydrology and the Management of Watersheds**. Iowa State University Press, 391 p. 1991.

COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; ANTONINI, Y.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHINELLI, E. V.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V.; WIEDERHECKER, H. C. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: Uma Síntese. In: **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de Políticas Públicas**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 317-324.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

DURIGAN, G.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; ARBOCZ, G. F.; METZGER, J. P.; CATHARINO, E. L. Estádio sucessional e fatores geográficos como determinantes da similaridade florística entre comunidades florestais no Planalto Atlântico, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 22, p. 51-62, 2008.

LIMA, W. P. Floresta natural protege e estabiliza recursos hídricos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 30-33, 2005.

LOVEJOY, T. E. Foreword. In: SOULÉ, M. E.; WILCOX, B. A. (Ed). **Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective**. 1.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1980. p. 5-9.

MAGETTE, W. L.; BRINSFIELD, R. B.; PALMER, R. E.; WOOD, J. D. Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. **Transactions of the ASAE**, n. 32, p. 663-667, 1989.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1147-1161, 2000.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 1º maio 2015.

MOLDAN, B.; CERNY, J. **Biogeochemistry of small catchments**: a tool for environmental research. New York, John Wiley & Sons, v. 4, n. 19, p. 321-345, 1994.

MUSCUTT, A. D.; HARRIS, G. L.; BAILEY, S. W.; DAVIES, D. B. **Buffer zones to improve water quality**: a review of their potential use in UK agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 45, p. 59-77, 1993.

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

PÉRICO, E.; CEMIN, G. Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 9-21, 2006.

PINTO, S. I. C. **Florística, estrutura e ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa-MG**. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

PSA. **Relatório de implantação do Plano de Segurança da Água**. Projeto Piloto Brasil - PSA/UFV-Município de Viçosa – Minas Gerais, Brasil, 151 p. 2009.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. **Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1/2, p. 54-65, 1985.

SARCINELLI, T. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARCO JÚNIOR, M.; LEITE, F. P. Representatividade fisiográfica e pedológica de fragmentos de floresta nativa em áreas de plantios homogêneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 499-509, 2012.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; ZIMBACK, C. R. L. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1079-1090, 2012.

SCARIOT, A. et al. Vegetação e flora. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: 2005, p. 103-123.

SILVA, V. V. **Médio Vale Paraíba do Sul: fragmentação e vulnerabilidade dos remanescentes da Mata Atlântica**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

SOS Mata Atlântica; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2011-2012**. Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2013.

TURNER, M. G. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, v. 33, p. 200-209, 1996.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIDOLIN, G. P.; BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 515-525, 2011.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

# ESTRUTURA DA PAISAGEM E REPRESENTATIVIDADE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA

## RESUMO

Com este estudo objetivou-se caracterizar a estrutura dos fragmentos florestais remanescentes e avaliar sua representatividade fisiográfica e pedológica na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu. Os estudos relacionados à estrutura da paisagem analisaram métricas dos fragmentos florestais, relacionadas à forma, borda, tamanho, conectividade e área nuclear. A representatividade dos fragmentos florestais na paisagem foi analisada quanto aos aspectos da compartimentação geomorfológica, das faces de orientação e dos solos, por meio do teste de Qui-Quadrado. A floresta natural, comparando-se aos demais usos do solo, possui elevado tamanho médio (11,7 ha) e número de fragmentos (78), resultando assim em grande ocupação na bacia estudada. As formas irregulares dos fragmentos florestais favorecem o efeito de borda, havendo tendência de aumento da irregularidade da borda à medida que se aumenta o tamanho do fragmento. Mesmo assim, os maiores índices de área nuclear foram obtidos pelas maiores classes de tamanho dos fragmentos. A ocupação da paisagem é não aleatória, sendo dependentes de características fisiográficas e pedológicas da paisagem. Os fragmentos de floresta ocorrem com menor frequência que o esperado nos terraços fluviais (48%) e encostas convexas (2%), nos Argissolos (53%) e nas faces norte (28%) e oeste (21%), e com frequência maior que a esperada nas encostas côncavas (2%), nos topos de morros (65%), nos Latossolos (13%), nos Cambissolos (21%) e na face plana (5%), leste (10%) e sul (48%). Uma forma de se aumentar a heterogeneidade espacial da floresta nativa na paisagem é privilegiando, em atividades de recomposição ambiental, áreas do relevo nas quais ela se encontra com baixa frequência de ocupação.

**Palavras-chave:** ocupação da paisagem, heterogeneidade espacial, fragmentos florestais.

## **STRUCTURE OF THE LANDSCAPE AND REPRESENTATIVENESS OF THE FOREST FRAGMENTS IN WATERSHED FROM THE MINAS FOREST AREA**

### **ABSTRACT**

This study aimed at characterizing the structure of the remaining forest fragments and evaluating its physiographic and pedological representativeness in the catchment basin of São Bartolomeu brook. The studies related to the structure of the landscape analyzed the metrics of the forest fragments related to the form, the edge, the size, the connectivity and the nuclear area. The representativeness of the forest fragments in the landscape was analyzed regarding the aspects of geomorphological subdivision, orientation surfaces and soils, through the Chi-square test. The natural forest, comparing to the other soil uses, has an elevated average size (11.7 ha) and number of fragments (78), resulting in a great occupation of the basin studied. The irregular forms of the forest fragments favor the edge effect, and there is a tendency to increase the irregularity of the edge as the size of the fragment increases. Nevertheless, the greatest indexes of the nuclear area were obtained by the greatest classes of size of fragments. The landscape occupation is not random, they depend on the physiographic and pedological characteristics of the landscape. The forest fragments occur with less frequency than expected in the river terraces (48%) and convex slopes (2%), in Ultisols (53%) and in the north (28%) and west (21%) surfaces, and with higher frequency than expected in the concave slopes (2%), in the tops of hills (65%), in latosols (13%), in Cambisols (21%) and in the plain (5%), east (10%) and south (48%) surfaces. A way to increase the spatial heterogeneity of the native forest in the landscape is by focusing in environmental recovery activities, relief areas in which it is found with low occupation frequency.

**Keywords:** landscape occupation, spatial heterogeneity, forest fragments.

## INTRODUÇÃO

A paisagem é uma área espacialmente heterogênea e com interações complexas, envolvendo diferentes sistemas naturais como florestas, campos, lagos e ambientes alterados pelo ser humano. As interferências antrópicas na paisagem convertem áreas de florestas extensas e contínuas em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e, em muitos casos, afetando a disponibilidade e a qualidade de recursos naturais necessários à população (VALENTE, 2001).

Os modelos normalmente utilizados para identificar as alterações na estrutura da paisagem utilizam as métricas da paisagem, que permitem descrever o nível de uniformidade ou fragmentação espacial de uma paisagem, essenciais para avaliação dos mecanismos ecológicos responsáveis pelas distribuições populacionais. A definição de fragmentos prioritários para a conservação deve combinar a análise de parâmetros que afetam a sustentabilidade dos fragmentos, além da distribuição em classes de tamanho (VIANA & PINHEIRO, 1998; VIANA et al., 1992).

A variedade de índices existentes em ecologia da paisagem motivou autores como McGarigal & Marks (1995) a agruparem esses índices nas seguintes categorias: índices de área; índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; índices de forma; índices de borda; índices de área nuclear; índices métricos de vizinho mais próximo; índices de diversidade; e índices métricos de contágio e espalhamento.

O estudo da estrutura da paisagem é um importante instrumento no planejamento de ocupação do solo, pois auxilia no estabelecimento de prioridades de fragmentos florestais para conservação, na definição de novas áreas de proteção e no manejo de áreas protegidas. A heterogeneidade florística é função, em escala geográfica regional, de variações climáticas e altitudinais (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000). Em escala local, além destas variáveis, variações topográficas e edáficas exercem importante papel na organização espacial da vegetação arbórea (MARTINS et al., 2003).

De acordo com Hall & Olson (1991), a curvatura do terreno modifica a força erosiva do fluxo superficial de água e influencia o caminho do movimento desta através do solo. A face para a qual a encosta está voltada também influencia a ocorrência de espécies florestais, pois possui implicações na quantidade de luz recebida e na umidade do solo e do ar, podendo resultar em diferenças nas propriedades do solo e na composição florística em diferentes faces (SARCINELLI, 2006). Os atributos referentes

ao relevo, com a sua geofoma, declividade, taxa de erosão/deposição e curvatura influenciam grandemente na distribuição lateral dos processos pedológicos, hidrológicos e geomorfológicos e, por conseguinte, nos solos que resultam das interações entre esses processos (PENNOCK et al., 1987).

O processo de fragmentação está associado a mudanças de uso do solo, ditados principalmente pela urbanização e por atividades agropecuárias. Em grande parte das paisagens, o limite sustentável de fragmentação já foi ultrapassado e a conectividade reduzida. Nesses casos, a riqueza e a abundância das espécies locais tornam-se dependentes do tamanho e da qualidade ambiental dos fragmentos remanescentes (PARDINI et al., 2010). Além de conservar os fragmentos florestais, devem-se privilegiar áreas que aumentem a heterogeneidade espacial da paisagem, incluindo a presença de compartimentos raros, que são de grande importância para as espécies que apresentam distribuição espacial restrita a nichos específicos.

Nas últimas décadas houve crescente interesse sobre as consequências da fragmentação florestal relacionada à conservação da biodiversidade, pois grande parte das florestas encontra-se restrita a fragmentos de pequenas dimensões e espacialmente isolados. Uma das consequências decorrentes do processo de fragmentação florestal é a redução de ambientes naturais com características pedológicas e fisiográficas específicas na paisagem (SARCINELLI et al., 2012). Os organismos geralmente estão confinados a ambientes específicos e a nichos ecológicos, havendo poucas espécies da fauna e da flora de distribuição ampla, ou seja, que toleram condições diversas (SALGADO-LABOURIAU, 1994). A pesquisa realizada por Durigan et al. (2008) relevou que a face de exposição influenciou a diversidade de espécies florestais em fragmentos de Mata Atlântica, sendo que nos sítios situados na face norte da região de estudo estão presentes espécies que também ocorrem no cerradão e em floresta estacional semidecidual, enquanto nos sítios situados na face sul prevalecem espécies características da floresta ombrófila densa.

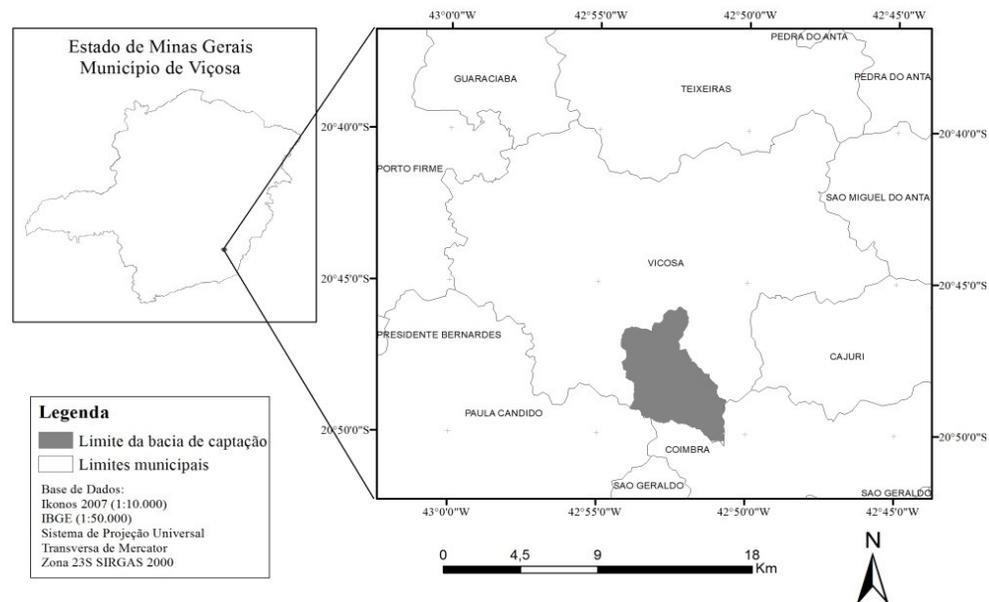
No município de Viçosa-MG, o ribeirão São Bartolomeu é o responsável por grande parte do abastecimento de água do município de Viçosa que, aliado ao aumento crescente da urbanização, reforçam a idéia de que medidas visando a conservação da bacia são extremamente necessárias para que a bacia consiga suprir de maneira satisfatória a demanda por água. Teve-se como objetivo neste estudo caracterizar a estrutura da paisagem dos fragmentos florestais remanescentes e avaliar a sua representatividade fisiográfica e pedológica na bacia de captação do ribeirão São

Bartolomeu, de modo a testar a hipótese de que a distribuição dos fragmentos na paisagem é não aleatória e não representa a diversidade da paisagem na qual estão inseridos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu está localizada no município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, entre os paralelos 20°44' e 20°51' Sul e os meridianos 42°55' e 42°50' Oeste (Figura 1). A extensão da bacia estudada está compreendida entre a primeira represa da Universidade Federal de Viçosa - UFV (sentido norte-sul) e a região do Palmital, abrangendo toda a bacia de captação da Estação de Tratamento de Água I (ETA I).



**Figura 1** - Localização da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, município de Viçosa-MG.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região, é do tipo Cwb, mesotérmico com verões chuvosos e invernos frios e secos. Dados do censo demográfico do IBGE (2010) demonstram que o município possui 72.220 habitantes em uma área aproximada de 309 km<sup>2</sup>.

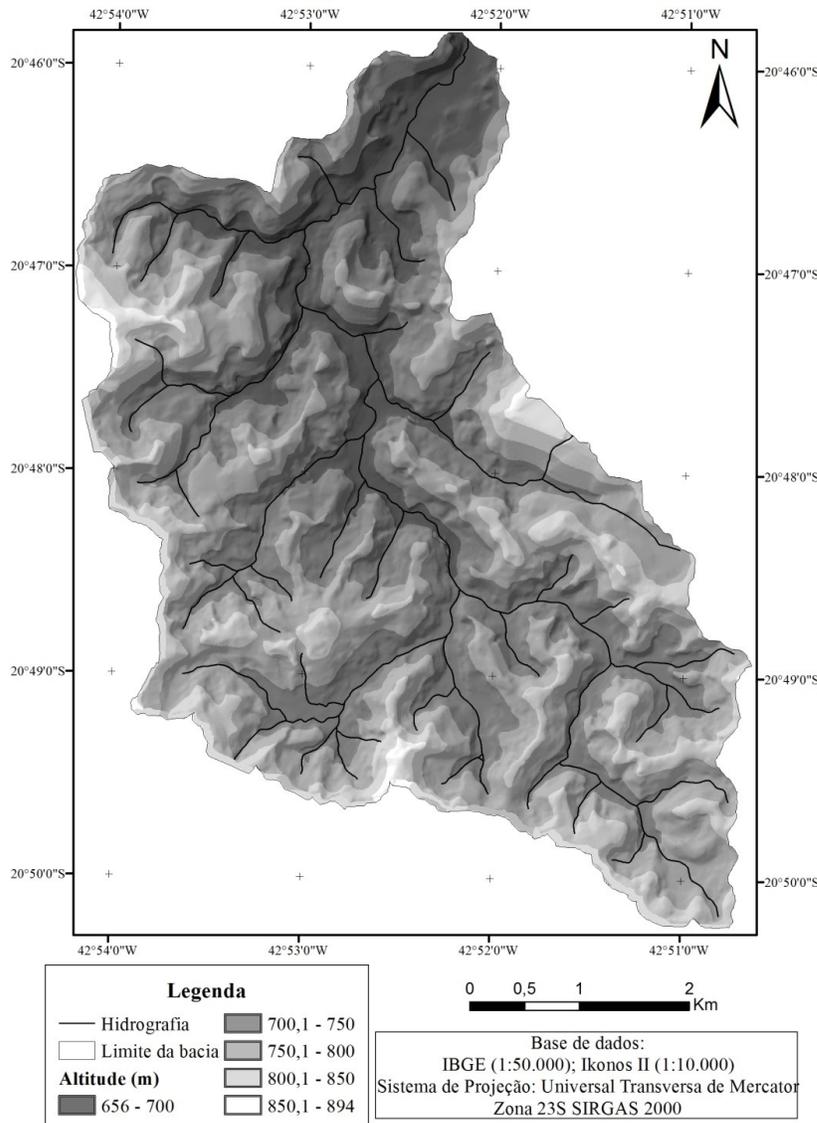
A região de estudo está inserida em Domínio dos Mares de Morros, que constituem áreas mamelonares tropicais comuns na grande faixa litorânea brasileira (BIGARELLA et al., 1994). Nessa região, a geologia é caracterizada pela predominância do substrato gnaissico-granítico (AB'SABER, 1970), com geoformas com sequência assimétrica côncava-convexa-topo e parte íngreme das vertentes (REZENDE, 1971). Existe predominância de Latossolos, alternando-se com Cambissolos em áreas onde o processo erosivo é mais intenso e Argissolos nos terços inferiores das encostas (REZENDE & RESENDE, 1996).

As florestas remanescentes são constituídas, em sua grande maioria, por formações secundárias (FRANCO, 2000). A tipologia florestal natural da região é a Floresta Estacional Semidecidual Montana (VELOSO et al. 1991). Este tipo de vegetação é condicionado pelo comportamento estacional do clima, sendo que parte das espécies arbóreas perde suas folhas no período seco do ano, correspondente ao inverno.

A bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu abrange uma área de, aproximadamente 2.750 hectares, com altitude variando de 656 a 894 m (Figura 2). O uso do solo é caracterizado por intensa atividade agropecuária desenvolvida por pequenos produtores rurais (SOARES et al., 2011) e, mais recentemente, a expansão urbana tem acelerado, com a implantação de condomínios e loteamentos. As matas remanescentes são constituídas, em sua grande maioria, por formações secundárias (FRANCO, 2000) onde predominam as nascentes de encosta, sendo estas normalmente muito sensíveis às variações de precipitações e das taxas de infiltração (VALENTE & GOMES, 2002).

### **Descrição da estrutura da paisagem**

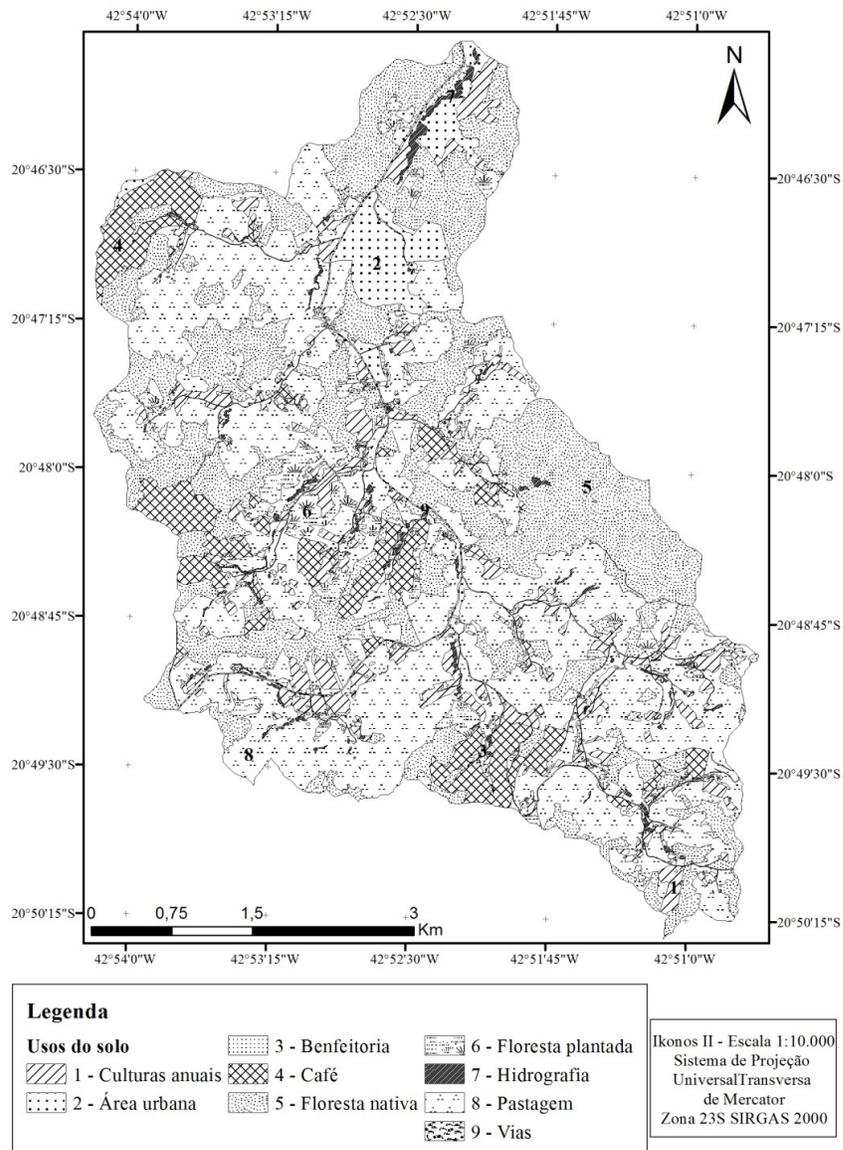
O mapa de uso e ocupação do solo foi obtido por Moreira (2009) a partir da classificação visual da imagem do satélite Ikonos II, de outubro de 2007, georreferenciada e ortoretificada com exatidão planimétrica Classe A para a escala de 1:10.000 (SANTOS, 2008) (Figura 3). A classificação feita pelo autor resultou em nove categorias de uso do solo: agricultura (culturas anuais), área urbana, benfeitoria, café, floresta nativa, floresta plantada, hidrografia, pastagem e vias de acesso.



**Figura 2** - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Os estudos relacionados à estrutura da paisagem foram direcionados para os fragmentos florestais, analisando-se o efeito de borda, a área nuclear, o tamanho, a forma, e o grau de isolamento e conectividade dos fragmentos. Os índices utilizados para as análises foram: área total da classe (CA), tamanho médio dos fragmentos (MPS) - incluindo desvio-padrão (PSSD) e coeficiente de variação dos tamanhos (PSCoV) -, número de fragmentos (NumP), índice de forma (MSI), dimensão fractal do fragmento (AWMSI), total de borda (TE), densidade de borda (ED), índices de proximidade (MPI: índice de proximidade média com distância de 500 m, e MNN: distância média do vizinho mais próximo), índice de área central (TCAI) e número de áreas nucleares

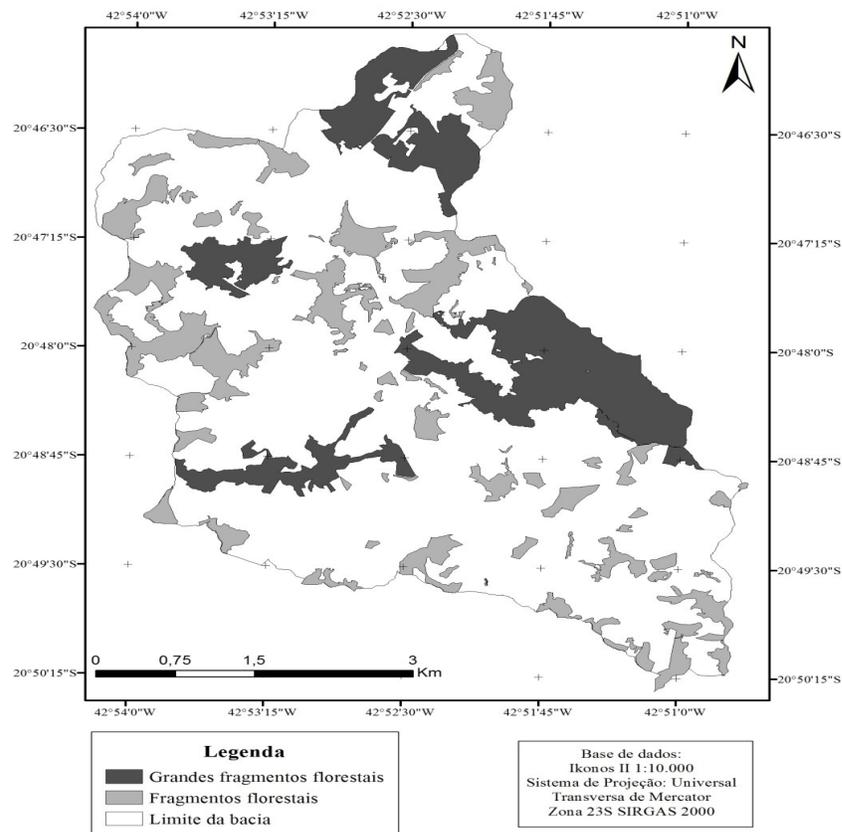
(NCA). A extensão *Patch Analyst* do ArcGIS 10.1 foi utilizada para obtenção das métricas de estrutura da paisagem em nível de classe. O efeito de borda considerado para os fragmentos florestais foi de 62 metros, por ser o valor médio do intervalo obtido por Lemos (2008), que define o efeito de borda de fragmentos de mesma tipologia em região próxima à bacia estudada entre 50 e 75 m.



**Figura 3** - Mapa de usos do solo da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG (MOREIRA, 2009).

Primeiramente, a análise foi conduzida considerando os usos presentes na paisagem, sendo eles: culturas anuais, área urbana, benfeitoria, café, floresta nativa,

floresta plantada e pastagem. Foi realizada avaliação comparativa dos fragmentos florestais com os demais usos, analisando-se a estrutura da floresta natural no contexto da paisagem. A seguir, efetuou-se a análise da estrutura da paisagem apenas nos fragmentos florestais, agrupando-os em classes de tamanho: menor que 1 ha, 1 a 9,99 ha, 10 a 19,99 ha, 20 a 39,99 ha, 40 a 79,99 ha e maior que 80 ha. Posteriormente, foi feita análise individual dos sete maiores fragmentos por possuírem grande relevância em ocupação e maior estabilidade ecológica. A distribuição dos fragmentos florestais, destacando-se os maiores, encontra-se na Figura 4.



**Figura 4** - Fragmentos florestais existentes na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

### Representatividade fisiográfica e pedológica dos usos do solo

Foi gerado um MDE (Modelo Digital de Elevação) a partir do interpolador *Topo to Raster* do ArcGIS 10.1 com resolução espacial de 5 metros. As entradas foram as curvas de nível de 5 metros e a hidrografia mapeada. As curvas de nível, com exatidão altimétrica Classe A (SANTOS, 2008), foram obtidas a partir da restituição

digital da imagem Ikonos II de outubro de 2007. A hidrografia foi obtida através do mapeamento visual da imagem, com incursões a campo com receptor GPS a fim de garantir o correto mapeamento dos cursos d'água em locais considerados visualmente não conclusivos.

Para a análise de representatividade, foram analisadas a compartimentação do relevo em relação à geomorfologia, às faces de exposição e aos solos. Para a obtenção da compartimentação geomorfológica utilizou-se o *software* ArcGIS 10.1, e os atributos considerados foram a declividade, a curvatura, o escoamento superficial acumulado e a distância euclidiana do curso d'água. Utilizou-se o método desenvolvido por Sarcinelli et al. (2012) para segmentação automática das formas de relevo em compartimentos geomorfológicos, contudo os limites das variáveis foram ajustados em função das especificidades da região estudada. Nesse processo, combinaram-se atributos topográficos para obtenção da identificação de quatro unidades geomorfológicas: topos de morros, terraços, encostas côncavas e encostas convexas.

A declividade foi obtida em porcentagem e reclassificada em classes segundo intervalos baseados na classificação proposta pela EMBRAPA (1999), sendo utilizado o limite de 8% de declividade como um critério para a definição de terraços - por ser o limite de declividade do relevo considerado plano a suave ondulado - e de 20% de declividade como um critério para os topos de morros, por ser o limite máximo do relevo ondulado. A distância euclidiana à hidrografia foi obtida a partir da hidrografia em formato vetorial, resultando em um arquivo *raster* com tamanho de célula de 5 m, sendo considerado o limite de 100 m de distância da hidrografia para a definição dos terraços e dimensões superiores a 200 m para a ocorrência de topos de morros. O fluxo acumulado foi obtido a partir da direção do fluxo de escoamento, sendo utilizado como critério na definição dos topos de morros, pois apenas regiões com fluxo acumulado inferior a 10 células de contribuição foram consideradas topos. A curvatura definiu os locais que não foram classificados como terraços e topos de morros em vertentes convexas e côncavas.

A representatividade dos usos nas diversas faces de exposição foi analisada a partir do mapa de face de exposição com resultados obtidos em graus com uma notação específica para cada classe: plana (< 3% de declividade); Norte (0 – 45° e 315 – 360°); Leste (45 – 135°); Sul (135 – 225°); e Oeste (225 – 315°). Convencionou-se considerar planas as mesmas áreas assim classificadas anteriormente (declividade inferior a 3%, ou 10,8°), pelo fato de sofrerem menor influência da face de exposição. Para a análise de

representatividade pedológica dos usos do solo utilizou-se o mapa de solos na escala de 1:10.000, produzido por PSA (2009), sendo a chave de identificação das classes fundamentada no modelo solo/paisagem da região conforme proposto por Corrêa (1984).

A representatividade foi analisada quanto aos aspectos da compartimentação geomorfológica, das faces de orientação da vertente e dos solos, identificando se os fragmentos florestais encontravam-se bem representados em relação aos atributos avaliados. Foi gerada uma tabela de contingência com o número de células que cada classe das variáveis analisadas ocupa em cada classe de uso do solo presente na bacia. Foi realizado o teste de Qui-Quadrado, no *software* Microsoft Excel 2010, para verificar se a frequência absoluta observada de uma variável diferia significativamente da distribuição de frequência absoluta esperada, segundo a Equação 1:

$$\chi^2 = \sum \left[ \frac{(o - e)^2}{e} \right] \quad (1)$$

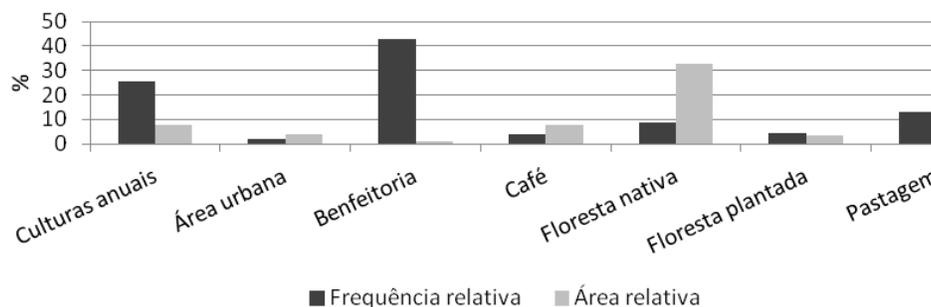
Em que: “o” representa a frequência observada para cada classe; “e” representa a frequência esperada para cada classe.

Para essa análise foi considerado como “esperado” que se mantivesse a área ocupada por cada classe das variáveis analisadas com uma cobertura vegetal similar à porcentagem de sua ocorrência na bacia. Com o teste de Qui-quadrado, avaliou-se a hipótese de que a localização dos usos do solo e, em especial dos fragmentos florestais, é não-aleatória, sendo dependente dos atributos fisiográficos e pedológicos analisados. Dessa forma foi possível analisar os desvios relativos em relação aos valores esperados para os fragmentos florestais nas compartimentações realizadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da fragmentação da paisagem

Na Figura 5 é apresentada a estrutura de frequência e área relativas dos usos do solo na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu.



**Figura 5** - Frequência e áreas relativas das classes de uso do solo na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Pode ser observado, pela Figura 5, que a pastagem é o uso predominante na bacia de captação. A floresta nativa apresentou também elevado porcentual de área, sendo a relação área/frequência superior aos dos demais usos. Isso demonstra que o número de fragmentos florestais é relativamente pouco expressivo, contudo os fragmentos são de grandes dimensões em relação aos demais usos, mantendo maciços florestais capazes de sustentar áreas nucleares. Além disso, as florestas nativas auxiliam na produção e conservação dos mananciais hídricos, com funções de interceptar a água da chuva, favorecer a infiltração e reduzir o escoamento superficial (RIZZI, 1981).

Os fragmentos florestais, além de apresentarem área total elevada, possuem o tamanho médio mais elevado dentre às demais classes, com total de 78 fragmentos (Tabela 1). O desvio-padrão do tamanho dos fragmentos, analisado juntamente ao coeficiente de variação, demonstrou que os fragmentos florestais possuem grande amplitude de variação, com elevadas diferenças de tamanho dos fragmentos florestais na paisagem. Para McGarigal & Marks (1995), as paisagens que apresentam elevados valores para tamanho médio de fragmentos devem ser consideradas como as menos fragmentadas.

**Tabela 1** - Estrutura da paisagem para os usos do solo existentes na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Grupo	Unidade	Classe						
		CA	AU	B	C	FN	FL	P
CA	ha	217,7	105,7	29,2	211,8	908,8	90,2	1207,7
MPS	ha	0,9	5,6	0,1	6,2	11,7	2,3	10,4
NumP	unidade	230,0	19,0	387,0	34,0	78,0	40,0	116,0
PSSD	ha	1,4	11,6	0,2	11,1	29,2	3,1	25,3
PSCoV	%	146,3	207,6	221,0	178,9	250,9	138,7	243,2
TE	m	12.1456	19.759	60.146	41.321	155.138	28.574	258.367
ED	m.ha <sup>-1</sup>	43,0	7,0	21,3	14,6	54,9	10,1	91,4
MSI	ad.	1,7	1,6	1,6	1,6	1,9	1,5	2,2
AWMSI	ad.	1,4	1,4	1,6	1,3	1,4	1,4	1,4
MPI	ad.	36158,8	11064,6	40,0	3541,5	136001,2	148,8	26398,0

Sendo: CA = culturas anuais; AU = área urbana; B = benfeitorias; C = café; FN = floresta natural; FL = floresta plantada; P = pastagem; CA = área total da classe; MPS = tamanho médio dos fragmentos; PSSD = desvio-padrão do tamanho dos fragmentos; PSCoV = coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos; NumP = número de fragmentos; MSI = índice de forma; AWMSI = dimensão fractal do fragmento; TE = total de borda; ED = densidade de borda; MPI = índices de proximidade; ad. = adimensional.

O total de bordas e a densidade de borda dos fragmentos florestais apresentaram valores inferiores apenas à pastagem, refletindo os elevados valores de área ocupados por floresta nativa, sendo esta relação proporcional, e não refletindo necessariamente o efeito da fragmentação. Porém o aumento dos valores dessas métricas com o tempo pode representar o avanço do processo de fragmentação.

Os efeitos de borda é função do formato do fragmento, ou seja, quanto mais próximo da forma circular, menor a borda do fragmento, portanto menor será sua suscetibilidade às perturbações externas (ZUDEIMA et al., 1996). A floresta nativa obteve índice de forma elevado comparado aos demais usos, refletindo sua tendência às formas mais irregulares e, portanto mais suscetível com relação ao efeito de borda, sobretudo para os fragmentos que apresentam áreas menores. Segundo Périco & Cemin (2006), o efeito de borda é inversamente proporcional à área de interior, ou seja, à medida que aumenta o efeito de borda, ocorre a redução da área-núcleo, fazendo com que ocorra uma maior interação do fragmento com a matriz que, com o tempo, irá influenciar na qualidade da estrutura desses ecossistemas.

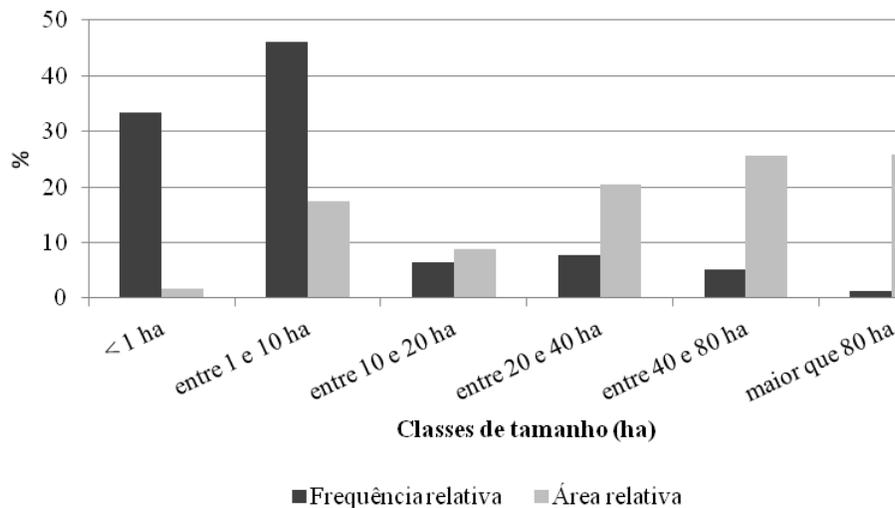
Os índices de forma fractal dos usos existentes apresentaram valores relativamente próximos refletindo, de forma geral, a baixa complexidade das formas dos fragmentos. De acordo com McGarigal & Marks (1995), o índice de forma na dimensão

fractal não é o mais apropriado para a determinação da forma de remanescentes de florestas em paisagens altamente fragmentadas, sendo sua principal limitação a amplitude (1 – 2), que o torna menos sensível à variações que o índice de forma.

Os fragmentos florestais apresentaram alto índice de proximidade em relação aos demais usos, o que pode ser traduzido em baixo grau de isolamento e grandes possibilidades de interação entre os fragmentos, através de dispersão de propágulos e fluxo de animais. Segundo Gustafson & Parker (1994), uma redução no isolamento produz aumentos exponenciais no índice de proximidade MPI e o aumento no tamanho desses fragmentos produziu um aumento linear mais modesto no índice. Metzger (1997) cita que o baixo isolamento associado à conectividade entre fragmentos é um importante fator físico relacionado às variações na riqueza de espécies arbóreas em fragmentos de Floresta Atlântica.

### Análise da fragmentação florestal por classe de tamanho

Os fragmentos florestais, classificados em classes de acordo com seu tamanho, tem sua estrutura relativa à frequência e à área apresentadas na Figura 6.



**Figura 6** - Distribuição da frequência e área relativas nas classes de tamanho dos fragmentos florestais na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

De acordo com a Figura 6, a maior parte dos fragmentos encontra-se nas menores classes de tamanho, sendo esta uma tendência do processo de fragmentação.

Por outro lado, os fragmentos maiores possuem uma maior proporção de área ocupada, em relação inversa com o número de fragmentos. A distribuição das classes de tamanho dos fragmentos na paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade (VIANA et al., 1992).

Aproximadamente 33% dos fragmentos florestais possuem dimensão inferior a 1 hectare (Tabela 2), o que, segundo Farina (1998), é insuficiente para a manutenção da estabilidade da maior parte de espécies de mamíferos e pássaros. O tamanho mínimo necessário para a estabilidade de um fragmento de floresta semidecídua, tendo em vista a sua florística, é de 25 ha (METZGER, 1997).

**Tabela 2** - Índices de estrutura da paisagem das classes de tamanho dos fragmentos florestais na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG

Métrica	Unidade	Menor que 1 ha	Entre 1 e 10 ha	Entre 10 e 20 ha	Entre 20 e 40 ha	Entre 40 e 80 ha	Maior que 80 ha
CA	ha	15,1	159,2	80,3	186,0	233,6	234,6
MPS	ha	0,6	4,4	16,1	31,0	58,4	234,6
NumP	unidades	26,0	36,0	5,0	6,0	4,0	1,0
PSSD	ha	0,3	2,8	2,7	6,3	7,9	0,0
PSCoV	%	45,5	62,8	16,9	20,3	13,5	0,0
TE	m	12.825	44.022	16.031	32.410	31.166	18.683
DE	m.ha <sup>-1</sup>	14,1	48,4	17,6	35,7	34,3	20,6
MSI	ad.	1,9	1,7	2,3	2,7	2,9	3,4
AWMSI	ad.	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3
MPI	ad.	2,91	168,47	0	12.581,25	3.134,43	0
TCAI	%	-	7,9	21,1	28,0	24,7	61,5
NCA	unidades	-	24,0	6,0	8,0	18,0	3,0

Sendo: CA = área total da classe; MPS = tamanho médio dos fragmentos; PSSD = desvio-padrão do tamanho dos fragmentos; PSCoV = coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos; NumP = número de fragmentos; MSI = índice de forma; AWMSI = dimensão fractal do fragmento; TE = total de borda; ED = densidade de borda; MPI = índice de proximidade; TCAI = índice de área central; NCA = número de fragmentos com área central; ad. = adimensional.

Na classe de maior tamanho, em contrapartida, encontra-se apenas um fragmento florestal, com área de 235 ha. Este fragmento encontra-se localizado quase em sua totalidade na bacia do córrego Santa Catarina, onde se encontra um território pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Nesse local está localizada a Estação de Pesquisas, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso, com área de 194 ha. Esse fragmento apresenta alta diversidade de espécies (AMARO, 2010) existindo variação relevante da diversidade florística entre os diversos ambientes (PEZZOPANE, 2001). Entretanto, Martins et al. (2008) observaram a existência da dominância

ecológica de *Coffea arabica* em regiões de clareira, o que pode, em longo prazo, comprometer a conservação das espécies autóctones.

Embora ocorram poucos fragmentos de grandes dimensões, os fragmentos com áreas superiores a 40 ha perfazem aproximadamente 52% em relação ao total de florestas (Tabela 2). Conforme aumenta a classe de tamanho dos fragmentos diminui-se sua frequência e consequentemente, sua densidade na paisagem, indicando a existência de poucas áreas-fontes para a manutenção das populações estabelecidas em fragmentos menores. Para Forman & Godron (1986) os grandes fragmentos são importantes para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala. O desvio-padrão do tamanho dos fragmentos se eleva com o aumento das classes de tamanho, entretanto, em termos relativos, é sentida de forma mais significativa nas menores classes de fragmentos. O elevado coeficiente de variação nos fragmentos menores que 10 ha revela as grandes oscilações de tamanhos dos fragmentos entre os limites dessa classe.

Os fragmentos de tamanho entre 1 e 10 ha possuem o total de borda superior às demais classes, refletindo-se também na elevada densidade de borda (Tabela 2). Ainda assim, esta classe apresentou baixos índices de formas, indicando que mesmo tendo grande quantidade de interação através da borda com outros usos, esses fragmentos tendem a possuir uma forma mais simples, minimizando os efeitos de borda. Já os fragmentos florestais menores que 1 ha e os fragmentos entre 10 e 20 ha apresentaram pouca expressividade de bordas na paisagem.

A forma dos fragmentos também influencia no grau do impacto do efeito de borda, incluindo os fluxos bióticos e abióticos (FARINA, 1998). Quanto menor o fragmento ou mais alongado, maior será o efeito de borda, pois a razão área interior/perímetro diminui (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Analisando os índices de forma obtidos, nota-se que os fragmentos florestais apresentam tendência de aumento de sua irregularidade à medida que se aumenta a área, intensificando-se o efeito de borda, sendo essa situação também observada por Oliveira (2011). O índice de dimensão fractal das classes de tamanho dos fragmentos florestais resultou em diferenças pouco expressivas entre elas, variando entre 1,3 e 1,4, mostrando que os fragmentos tendem a ter formas pouco complexas (Tabela 2). Moreira (2009), em trabalho conduzido no mesmo local deste estudo, constatou através do índice de circularidade (IC) que os fragmentos florestais encontravam-se sob forte efeito de

borda, com 66 dos 78 fragmentos existentes apresentando IC inferior a 0,5, demonstrando que esses possuem forma alongada.

O índice de proximidade mostrou a tendência de isolamento entre as classes de tamanho menor que 1 ha, entre 10 a 20 ha e maior que 80 ha (Tabela 2), sendo nesta última o reflexo da representatividade da classe ser de apenas um fragmento. Em contrapartida, os fragmentos com tamanho entre 20 e 80 ha apresentaram índices elevados que demonstram estarem próximos entre si. O grau de isolamento influencia diretamente a qualidade de um remanescente de floresta, afetando a movimentação de organismos e a dispersão das espécies florestais. Moreira (2009) analisou a qualidade da vizinhança dos fragmentos florestais presentes na bacia do ribeirão São Bartolomeu, e os resultados mostraram que 52,4% dos fragmentos possuíam vizinhança com pastagem, 7,7% com culturas anuais, 5,2% em vias de acesso, 3,7% em benfeitorias, 2,9% com cafezal, 5,3% em florestas plantadas e 3,2% em área urbana.

Considerando-se o efeito de borda de 62 m, existem 59 áreas nucleares de um total de 78 fragmentos florestais (Tabela 2), ressaltando a existência de poucos fragmentos com dimensão e forma suficiente para manter a biodiversidade local através da manutenção de área nuclear. Do total desses fragmentos, 54% não apresentam área nuclear e, nos fragmentos das classes de tamanho entre 1 e 10 ha, 58% possuem dimensão e forma suficientes para manter uma condição livre de efeito de borda. Na classe com tamanhos superiores a 10 ha, todos os fragmentos apresentaram área nuclear, enquanto na menor classe, nenhum fragmento florestal apresentou-a. De acordo com Forman & Godron (1986), os fragmentos com dimensões e formas insuficientes para manter uma área nuclear podem ser considerados importantes pela proximidade a fragmentos de grandes dimensões, funcionando como elementos de conectividade entre grandes áreas, favorecendo o fluxo de fauna e flora. Os fragmentos com dimensões superiores a 10 ha se dividem em diversas áreas nucleares, sendo a classe de 40 a 80 ha com maior proporção de repartições.

A área nuclear de um fragmento de floresta é, segundo McGarigal & Marks (1995), um indicativo melhor de sua qualidade do que sua área total. Dessa maneira, um fragmento pode ser grande o suficiente para conter algumas espécies, mas não ter área nuclear suficiente para suportar essas espécies e, sobretudo, manter a integridade de sua estrutura natural (TURNER & GARDNER, 1990). Na Tabela 2, observa-se que os maiores índices de área nuclear foram obtidos pelas maiores classes de tamanho dos fragmentos, chegando a 61,5 % na classe maior de 80 ha. Segundo Pardini et al. (2010),

o efeito de borda pode existir mesmo em grandes fragmentos, caso estejam bastante modificado pelas atividades antrópicas.

### Análise dos maiores fragmentos

Na Tabela 3, encontram-se os resultados das análises individuais dos cinco maiores fragmentos (com áreas superiores a 40 ha), sendo observados fragmentos com dimensões entre 45,2 a 234,6 ha.

**Tabela 3** - Índices de estrutura da paisagem para os maiores fragmentos florestais (maior que 40 ha) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Grupo	Unidade	Fragmento florestal				
		1	2	3	4	5
CA	ha	45,2	60,1	63,0	65,3	234,6
TE	m	5.957,7	6.530,1	11.577,0	7.101,3	18.682,9
ED	m.ha <sup>-1</sup>	6,6	7,2	12,7	7,8	20,6
MSI	ad.	2,5	2,4	4,1	2,5	3,4
AWMSI	ad.	1,34	1,32	1,40	1,33	1,34
MNN	m	23,0	10,0	572,0	19,0	5,0
TCAI	%	39,0	45,1	18,9	48,5	61,5
NCA	unidades	1	1	5	1	3

Sendo: CA = área total da classe; MSI = índice de forma; AWMSI = dimensão fractal do fragmento; TE = total de borda; ED = densidade de borda; MNN = distância média do vizinho mais próximo; TCAI = índice de área central; NCA = número de fragmentos com área central; ad. = adimensional.

As bordas dos fragmentos possuem grande variação entre eles, destacando a densidade de borda dos fragmentos 3 e 5 com valores mais elevados. O reflexo da elevada dimensão do fragmento 5 influenciou nos resultados de borda, entretanto, no fragmento 3 os elevados resultados foram, sobretudo, reflexo do seu perímetro muito recortado.

Corroborando a afirmação sobre bordas recortadas do fragmento 3, obteve-se os maiores índices de forma, sendo este o fragmento florestal com forma mais irregular. O fragmento 5 resultou em valores de índices de borda elevados, mostrando que a sua densidade de borda foi influenciada não apenas pela grande dimensão do fragmento, mas também por possuir forma bastante irregular em relação aos demais.

O índice de área central ratificou a estrutura do fragmento 3, pois apenas 18,9% de sua área encontra-se em área nuclear (Tabela 3), resultando em divisão do fragmento

em 5 áreas nucleares distintas. Os fragmentos 1, 2 e 4 apresentaram resultados do índice mais próximos, derivando em apenas uma área nuclear para cada. Esses fragmentos apresentaram comportamentos semelhantes nos índices de forma e nas análises de borda, sendo os fragmentos mais estáveis. O fragmento 5, embora com forma bastante irregular, resultou em índice de área central de 61,5% repartidos em 3 áreas nucleares.

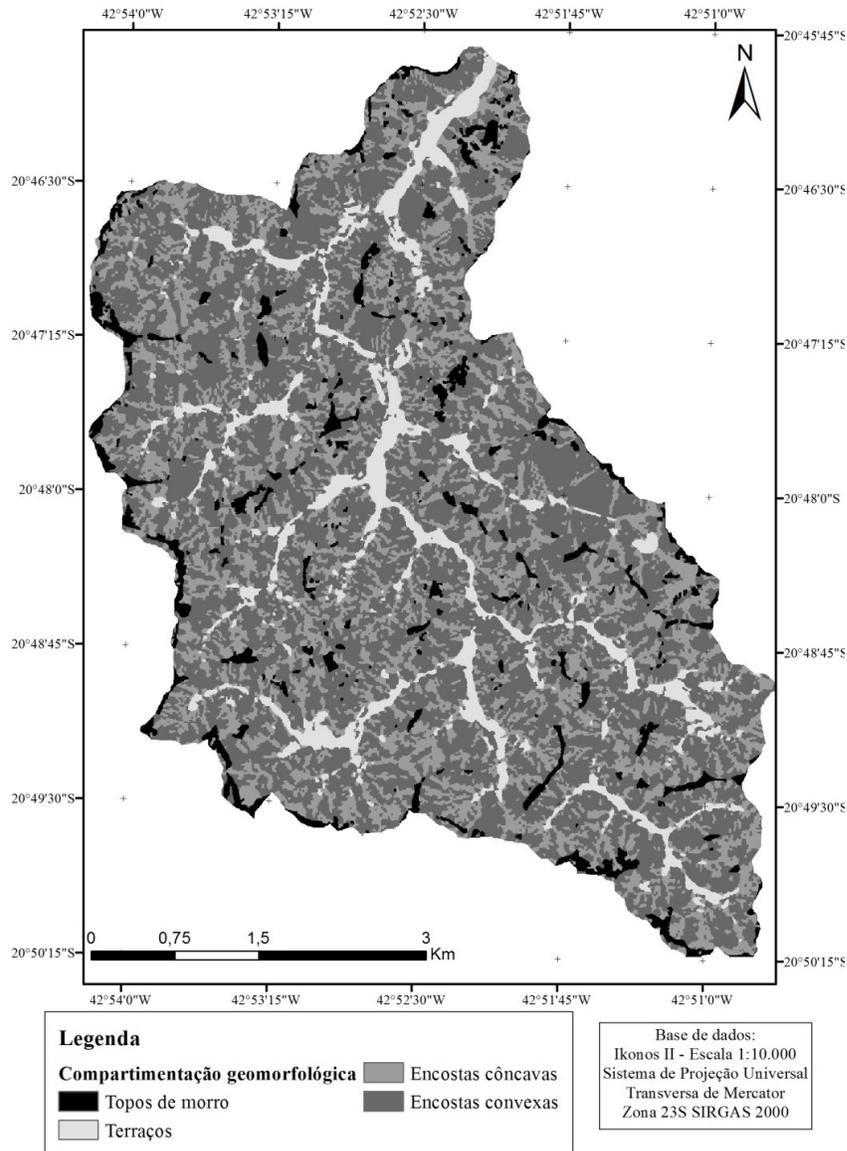
Os fragmentos 2 e 4 encontram-se próximos um do outro por apenas 10 m, o que é uma situação muito favorável aos processos ecológicos, pois segundo Taylor et al. (1993), além da proximidade entre os fragmentos remanescentes, a matriz na qual os fragmentos encontram-se inseridos é que irão determinar o grau de conectividade estrutural da paisagem. Os usos que apresentam menores presenças antrópicas e áreas menos descampadas tendem a favorecer os processos ecológicos entre os fragmentos florestais, como o plantio de eucalipto. O fragmento 3 deve ser analisado com destaque em projetos que visem a conservação florestal na bacia, pois apresentou-se com forma bastante irregular e perímetros muito recortados, resultando em baixo aproveitamento em área nuclear, além de elevado grau de isolamento em relação aos demais.

### **Representatividade de atributos fisiográficos e pedológicos**

A análise resultante do processo de compartimentação fisiográfica delimitou a paisagem nas porções do relevo: topos de morros, terraços, encostas côncavas e convexas (Figura 7). Nota-se que os terraços possuíram maior predominância na parte central e na parte norte da bacia, onde atravessam os cursos d'água. Os topos de morros encontram-se restritos predominantemente nas bordas da bacia, resultando em uma dominância por encostas na paisagem. As formas do relevo controlam a distribuição da água no sistema, resultando em áreas de deposição e de erosão solo.

O teste do Qui-quadrado, a 95% de probabilidade e com 18 graus de liberdade, retornou valores não significativos para a dependência das variáveis analisadas, desta forma, a distribuição dos usos do solo na paisagem é dependente da compartimentação geomorfológica. Nota-se, pela Tabela 4, que há disparidades entre a distribuição observada e a esperada em todas as classes de uso.

A ocupação por florestas nativas na paisagem é inferior ao esperado nas áreas de terraços fluviais e encostas convexas. Por outro lado, a floresta ocupa com maior frequência que o esperado as áreas de topos de morros e encostas côncavas (Tabela 4).



**Figura 7** - Compartimentação geomorfológica na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Nota-se que as florestas nativas ocorrem nas áreas côncavas com maior frequência que o esperado, sendo tal resultado um bom indicativo para a conservação de água, pois estas são zonas preferenciais para a atuação de processos erosivos devido à convergência do fluxo de água superficial e sub-superficial. A curvatura do terreno, além de modificar a força erosiva do fluxo de água na superfície, também influencia no caminho da água na superfície do solo (HALL & OLSON, 1991). Segundo Chagas et al. (2013), os solos tendem a se tornar saturados e a infiltração a ocorrer nas partes inferiores da encosta e nas posições elevadas onde a encosta é côncava.

**Tabela 4** - Desvios entre valores observados e esperados da distribuição dos usos do solo para a compartimentação geomorfológica na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

	Culturas anuais	Área urbana	Benfeitoria	Café	Floresta nativa	Floresta plantada	Pastagem
Desvios entre observado e esperado (%)							
Topos de morros	-73,4	38,3	-83,6	24,6	65,4	-38,2	-38,7
Terraços	156,8	140,3	262,9	-63,5	-48,3	-86,0	7,0
Encostas côncavas	-0,2	-14,8	-18,8	1,4	2,2	9,1	-0,8
Encostas convexas	-24,8	-18,9	-22,3	9,0	-2,3	14,0	5,8
Média	63,8	53,1	96,9	24,7	29,6	36,8	13,1

Média do valor absoluto da % de desvios entre observados e esperados.

Sinais negativos significam menor ocorrência que o esperado e sinais positivos significam maior ocorrência que o esperado.

Nizeyimana & Bicki (1992) estudaram as relações entre a paisagem e as formas de relevo e observaram que a pedofoma côncava propicia aumento no conteúdo do carbono orgânico, na capacidade da troca catiônica e na disponibilidade de fósforo, comportamento atribuído às condições de drenagem e às características convergentes da inclinação do declive. Tal situação desfavorece a ocorrência de espécies com maiores exigências nutricionais e demanda por água na bacia de captação. Braga (2010), em fragmento florestal na bacia do ribeirão São Bartolomeu, obteve correlação significativa entre a distribuição das espécies arbóreas avaliadas no perfil topográfico e a fertilidade do solo. Segundo o autor, determinadas espécies encontraram-se associadas a topos das encostas, onde os solos são mais ácidos, argilosos, menos férteis e com altos teores de Al, tais como *Casearia arborea*, *Ocotea laxa*, *Myrcia fallax*, *Siparuna guianensis*, *Apuleia leiocarpa*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum*, sugerindo o uso das mesmas em programas de recuperação ambiental.

Por sua vez, nas encostas convexas, onde o fluxo superficial de água é divergente (GALLANT & WILSON, 2000), a força erosiva da água é menor do que nas encostas côncavas, tornando a remoção do solo pela erosão menos expressiva. Nestas encostas, onde a floresta nativa ocorre em quantidade inferior ao esperado, os problemas decorrentes da erosão são menores, mas ressalva-se que a cobertura florestal poderá fornecer uma maior estabilidade às mesmas, principalmente nas áreas mais declivosas. Como segunda opção, o plantio de eucalipto pode desempenhar o papel de fornecer proteção às encostas, desde que manejadas de forma adequada a cada situação.

Os componentes arbóreos e de ciclo longo promovem proteção a cobertura do solo, além de melhorar

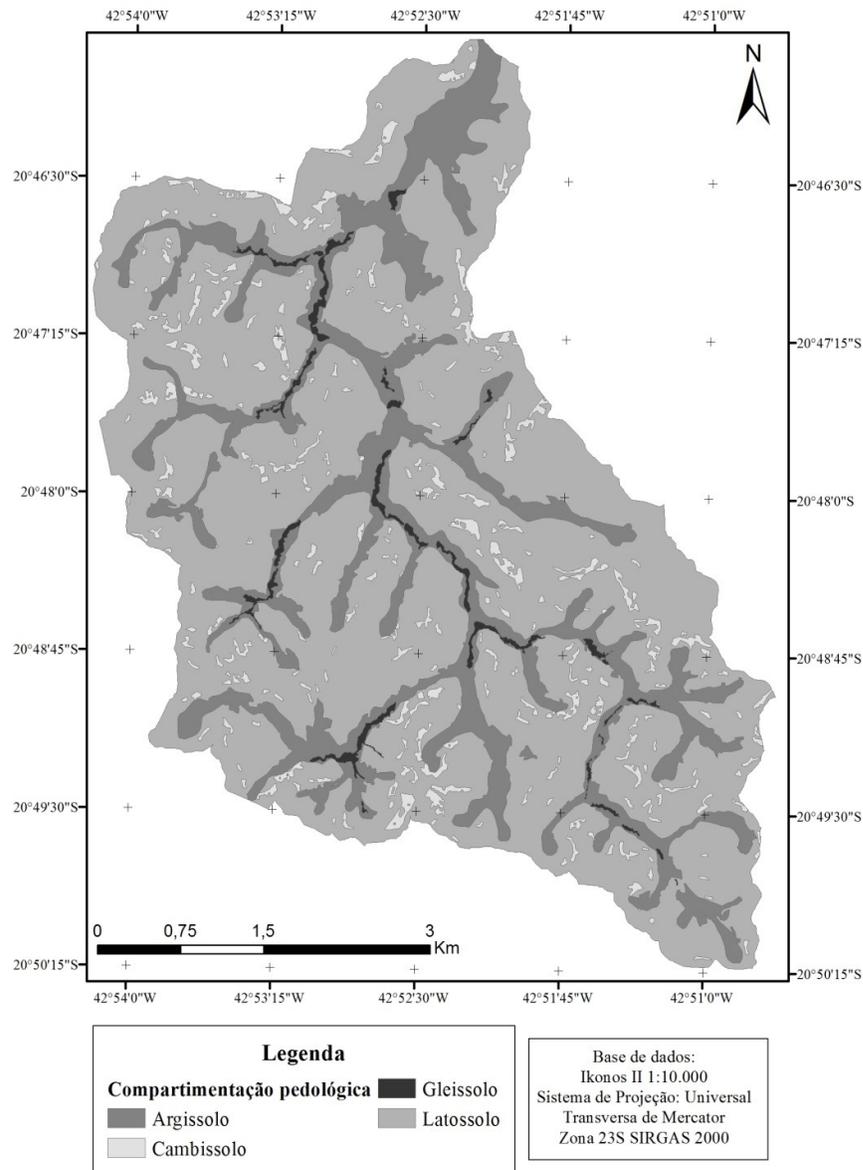
Existe uma relação entre o plano de curvatura e a espessura dos solos, sendo que os solos mais profundos e evoluídos ocupam encostas convexas, enquanto os mais rasos (saprolíticos) e menos evoluídos tendem a ocorrer em encostas côncavas (CHAGAS et al., 2013). Isso gera consequências na formação dos solos e, conseqüentemente, na distribuição das diferentes espécies florestais nos compartimentos fisiográficos e pedológicos.

Nos topos de morros, a classe de floresta nativa ocupa aproximadamente 65% a mais que o esperado, o que é interessante devido à minimização da energia cinética da água e, conseqüentemente do potencial erosivo da água, que é desfavorecido pela sua passagem em cobertura florestal existente, que favorece o aumento da infiltração da água no solo e reduzem o escoamento superficial. Tal compartimento da paisagem é considerado Área de Preservação Permanente (APP), segundo o novo Código Florestal (Lei n. 12.651 de 2012). Entretanto, a categoria de APP nos topos de morros é menos exigente nos parâmetros para sua definição que o Código anterior. Segundo Oliveira & Fernandes Filho (2013) foram observadas significativas reduções de abrangência dessa categoria de APP no município de Araçuaia-MG, visto que as exigências em altura e declividade média definidas pelo novo Código são dificilmente atendidas. Portanto, mesmo com elevada ocupação florestal nesses locais, ressalta-se que grande parte dos topos de morros presentes na área de estudo não é mais considerada APP. Entretanto, existe a Lei nº 11.428 de 2006 (Lei da Mata Atlântica), onde é regulamentado o corte, a supressão e a exploração da vegetação do Bioma Mata Atlântica. Essa lei baseia-se na classificação da vegetação caso seja primária ou secundária, sendo nesta considerando o estágio de regeneração. Embora de indiscutível importância, essa Lei não faz tratamento diferenciado da localização espacial da vegetação natural.

Tendo em vista a distribuição das florestas na paisagem, as áreas de terraços e, em menor proporção, as encostas convexas, deveriam ser priorizadas em projetos de restauração ambiental, já que há um déficit de áreas florestadas nessas posições da paisagem. Esse tipo de análise permite que se conservem diferentes espaços na paisagem, contribuindo para a conservação da biodiversidade local. Batista et al. (2009) salientam que os estudos para conservação florestal devem promover a conservação da diversidade natural das paisagens e do gradiente vegetacional que determina a biodiversidade local, mantendo os principais processos e funções que garantem a

interação entre os fragmentos vegetacionais e, conseqüentemente, da paisagem como um todo.

O mapa de solos apresentou as seguintes classes: Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico Tb Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo e Gleissolo, sendo sua distribuição espacial apresentada na Figura 8. Observa-se o predomínio dos Latossolos na área de estudo, seguido dos Argissolos nas áreas de baixada, dos Cambissolos nas encostas íngremes da paisagem e dos Gleissolos no canal do córrego São Bartolomeu.



**Figura 8** - Compartimentação pedológica na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG (PSA, 2009).

O teste do Qui-quadrado, a 95% de probabilidade e com 18 graus de liberdade, resultou na associação entre os usos do solo e o tipo de solo considerado, ou seja, os usos do solo possuem distribuição espacial dependente das classes de solo envolvidas. Pela análise da Tabela 5, observa-se que a floresta possui baixa representatividade nas áreas de Argissolo, com valor de 53,1% abaixo do esperado. Nas posições de terraços ao longo dos cursos d'água, é comum a ocorrência de Argissolos, sempre associado a declividade baixa (0–8 %) (IPPOLITI et al., 2005), local geralmente considerado preferencial para a ocupação por residências e agricultura. Souza et al. (2013), em estudos em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, no município de Dionísio-MG, obtiveram para as áreas planas e com menor ocorrência de erosão os maiores índices de diversidade e maiores números de espécies vegetais raras. Devido a menor proteção nas áreas baixas da paisagem, as populações de espécies tolerantes a situações de alagamento ou lençol freático elevado podem estar sendo sub-representadas (SARCINELLI et al., 2012), além da proteção dos taludes dos cursos d'água e da qualidade dos recursos hídricos estarem comprometidas.

**Tabela 5** - Desvios entre valores observados e esperados de distribuição dos usos do solo para a compartimentação pedológica na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

	Cultura anual	Área urbana	Benfeitori a	Café	Floresta nativa	Floresta plantada	Pastagem
Desvios entre observado e esperado (%)							
Argissolo	168,2	154,7	247,1	-32,8	-53,1	-75,9	1,1
Cambissolo	-82,2	-57,7	-87,5	-40,3	21,3	22,8	11,6
Gleissolo	-56,2	-50,1	-51,6	-99,0	-86,8	-100,0	105,8
Latossolo	-35,2	-33,6	-54,5	12,7	13,4	19,2	-3,0
Média	113,9	98,7	146,9	61,6	58,2	72,6	40,5

Média do valor absoluto da % de desvios entre observados e esperados.

Sinais negativos significam menor ocorrência que o esperado e sinais positivos significam maior ocorrência que o esperado.

Nos Latossolos, a ocorrência de florestas nativas é maior que o esperado, sendo que essa classe de solo possui, geralmente, grande capacidade de armazenamento de água em função de sua boa estruturação, o que propicia condições para a infiltração e percolação da água pelo perfil. Segundo Santana (1986), os elevados níveis de flocculação nos solos dos topos e da encosta permitem melhor retenção e infiltração de

água por maior período, diminuindo a deficiência hídrica na época seca. Os Latossolos Vermelho-Amarelos, com grande predominância na paisagem, foram encontrados nos topos, encostas e planos inclinados. Ippoliti et al. (2005) observaram que os solos de topos aplainados são geralmente mais profundos e desenvolvidos e em posições inferiores das elevações o Latossolo Vermelho-Amarelo mostra-se menos amarelado e geralmente profundo, em pedoformas convexo-convexas, ou mais raso, em pedoformas convexo-côncavas.

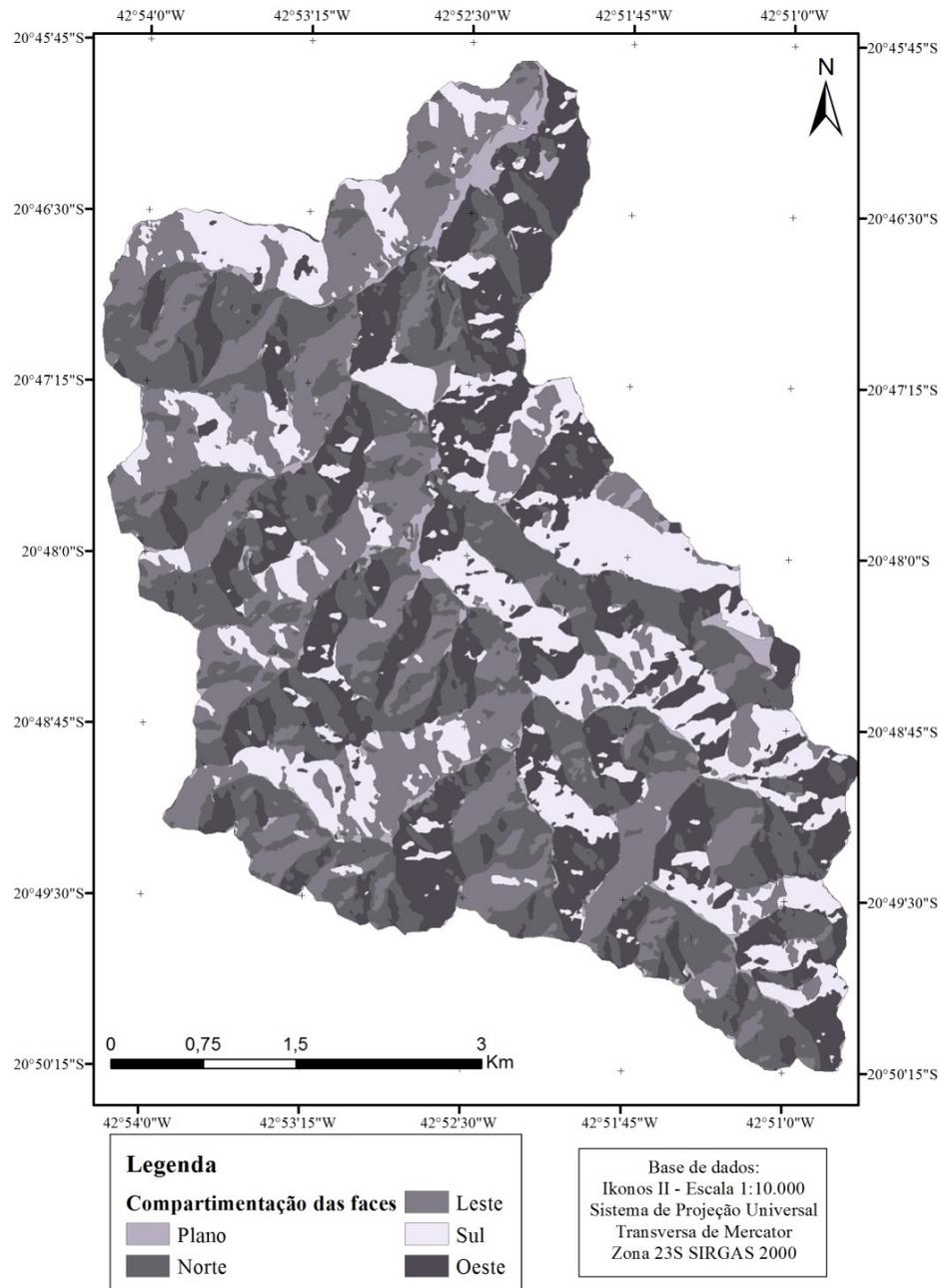
Nos Gleissolos, nota-se ocorrência significativamente inferior ao esperado em quase todos os usos do solo, incluindo a floresta nativa. Tal fato é devido a esse tipo de solo estar associado às áreas próximas à calha do rio, constituindo-se de solos hidromórficos devido à presença de lençol freático muito próximo à superfície, restringindo a ocupação pela própria hidrografia.

Os Cambissolos Háplicos ocupam as vertentes mais íngremes da paisagem, sendo solos rasos e muito sujeitos à erosão. Rezende (1971) destacou que os perfis de solos localizados nas áreas muito declivosas são os menos espessos da sequência, pois tal posição favorece a morfogênese, levando estes solos a constante rejuvenescimento por erosão. O uso adequado do solo ou a cobertura florestal nesses locais é de grande importância, pois o escoamento superficial da água é favorecido, assim como processos erosivos e diminuição da qualidade da água. A classe de floresta nativa ocupou aproximadamente 21% a mais que o esperado nas áreas de Cambissolos Háplicos. Braga (2010), em estudos na bacia do ribeirão São Bartolomeu, obteve espécies como *Casearia arborea*, *Ocotea laxa*, *Myrcia fallax*, *Siparuna guianensis*, *Apuleia leiocarpa*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum* associadas a solos argilosos mais ácidos, de encostas e com maior teor de alumínio.

A compartimentação dos usos nas diferentes faces de exposição, elaborada a partir da reclassificação dos intervalos pré-definidos, está representada na Figura 9. O teste de Qui-quadrado resultou em valores não significativos para a dependência das variáveis analisadas, ou seja, os usos do solo possuem relação espacial dependente da face de exposição do relevo.

A floresta possui valores maiores que esperados nas faces sul, leste e plana, e valores abaixo do esperado nas faces norte e oeste, com destaque para a face norte com aproximadamente 29% a menos que o esperado (Tabela 6). No hemisfério Sul, as superfícies voltadas para o norte recebem mais energia que as voltadas para o sul devido à trajetória aparente do Sol com declinação para o norte nesse hemisfério

(FERREIRA et al., 2005; BONAN, 2002); desta forma, presume-se uma maior evapotranspiração potencial e menor umidade nas faces norte. Na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, as áreas de floresta nativa foram menos representativas na face norte, o que pode representar em perdas de espécies florestais que necessitam de maior incidência de radiação solar e adaptados a ambientes mais secos.



**Figura 9** - Compartimentação das faces de exposição na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

**Tabela 6** - Desvios entre valores observados e esperados de distribuição dos usos do solo para a compartimentação por faces de exposição na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

	Cultura anual	Área urbana	Benfeitoria	Café	Floresta nativa	Floresta plantada	Pastagem
Desvios entre observado e esperado (%)							
Plano	77,7	310,3	60,9	-75,3	4,8	-74,8	-27,6
Norte	0,3	21,0	0,1	45,1	-28,5	2,6	11,4
Leste	-7,5	-14,1	-4,9	26,6	10,1	38,1	-12,4
Sul	-6,1	-68,6	4,2	-39,2	47,6	-54,2	-17,8
Oeste	22,9	14,4	-5,3	-32,9	-20,9	11,0	18,8
Média	22,9	85,7	15,1	43,8	22,4	36,2	17,6

Média do valor absoluto da % de desvios entre observados e esperados.

Sinais negativos significam menor ocorrência que o esperado e sinais positivos significam maior ocorrência que o esperado.

Entre as faces leste e oeste, a diferença se dá em relação ao horário de incidência da radiação solar, visto que a quantidade de tempo de incidência é a mesma. A face leste recebe a radiação no período da manhã, período advindo de inércia térmica da noite anterior, por isso tendem a ter menores temperaturas e favorecer a manutenção da umidade no solo. Marques et al. (2004), em estudos na Mata Atlântica, descreveram que as vertentes voltadas para leste e sul são mais úmidas, com vegetação ombrófila, enquanto as vertentes norte e oeste apresentam vegetação caducifólia. Pelo fato da vegetação natural encontrar-se distribuída predominantemente nas faces plana, leste e sul, espera-se boa representatividade de espécies florestais adaptadas a ambientes mais úmidos e sombreados. Em regiões mais secas, Resende (1986) observou capões de mata em região de Cerrado no Alto Jequitinhonha, MG, apenas nas encostas voltadas para o Leste, por estas serem mais úmidas.

De forma geral, nota-se que os locais com maior incidência da radiação solar, de solos mais férteis associados a regiões de fluxo de água convergentes e áreas de deposição, apresentaram ocupação menor que a esperada por vegetação natural, podendo haver redução da biodiversidade da fauna e a flora associadas a estes locais. Para que a bacia de captação desempenhe com eficiência o seu objetivo de conservar a água e a biodiversidade, deve-se garantir não apenas a representatividade florestal em seus diferentes ambientes, mas também a proteção efetiva dos cursos d'água e outras áreas mais sensíveis da paisagem, com maior propensão à erosão. Isso favorece a sustentabilidade e resiliência da vegetação natural associado a boas condições

hidrológicas, garantindo a interação dos processos ecológicos entre os fragmentos florestais e, conseqüentemente, da paisagem em sua totalidade.

## CONCLUSÕES

A floresta natural, comparando-se aos demais usos do solo, possui grande ocupação na bacia estudada e boa proximidade entre os fragmentos, contudo possui formas irregulares que favorecem o efeito de borda e diminuem a área nuclear.

Mesmo contendo um elevado número de fragmentos que não possuem área nuclear, considera-se que esses possuem grande importância por servirem de conexão entre fragmentos de maiores dimensões, facilitando o fluxo gênico de espécies animais e vegetais.

Entre os fragmentos de maiores dimensões, os resultados encontrados para o terceiro maior fragmento indicam a necessidade de práticas que melhorem a sua estabilidade ecológica.

A distribuição dos fragmentos florestais na paisagem é não aleatória e não representa a diversidade da paisagem na qual estão inseridos. Visando aumentar a heterogeneidade espacial da floresta nativa na paisagem, devem-se privilegiar as áreas localizadas nos terraços, nos Argissolos e nas faces norte e oeste visando à conservação dos remanescentes florestais da bacia hidrográfica. A proximidade com a área urbana deve ser evitada, pois é uma matriz que não favorece a evolução natural do fragmento florestal, dificultando a dispersão de propágulos e a presença de animais silvestres. Uma alternativa interessante que visa compensar o proprietário rural é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), pois se trata de um importante instrumento que concilia atividades de preservação com geração de renda.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, n. 20, p. 1-26, 1970.

AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma floresta estacional semidecidual no município de Viçosa-MG**. 2010. 168 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

BATISTA, E. R.; SANTOS, R. F.; SANTOS, M. A. Construção e análise de cenários de paisagem em área do Parque Nacional da Serra da Bocaina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1095-1108, 2009.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. **Fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo cárstico e dômico**. Florianópolis: UFSC, 1994. 425 p.

BONAN, G. **Ecological Climatology**. New York: Cambridge University Press, 2002. 678 p.

BRAGA, A. J. T. **Estudos ecológicos em floresta estacional semidecidual, Viçosa – MG**. 2010. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I. BHERING, S. B. Relação entre atributos do terreno, material de origem e solos em uma área no noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 25, v. 1, p. 147-162, 2013.

CORRÊA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do planalto de Viçosa, MG**. 1984. 84 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

DURIGAN, G.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; ARBOCZ, G. F.; METZGER, J. P.; CATHARINO, E. L. Estádio sucessional e fatores geográficos como determinantes da similaridade florística entre comunidades florestais no Planalto Atlântico, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 22, p. 51-62, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall Ltd, 1998.

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C.; WAPPLER, D.; KANISKI, A. J.; GIRELLI, D.; PEDROTTI, J. Exposição solar e propriedades do solo em Santa Maria – RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 377-381, 2005.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, John Wilwy e Sons. 619 p, 1986.

FRANCO, F. S. **Sistemas Agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2000.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p. 51-85, 2000.

- GUSTAFSON, E. J.; PARKER, G. R. Using an index of habitat patch proximity for landscape design. **Landscape and Urban Planning**, v. 29, p. 117-130, 1994.
- HALL, G. F.; OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. In: MAUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. (Eds.). **Spatial variabilities of soils and landforms**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1991. p. 9-24. (SSSA Special Publication; n. 28)
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- IPPOLITI, G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES-FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “mar de morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 269-276, 2005.
- LE MOS, P. H. D. **Efeito de borda no componente arbóreo de um fragmento de floresta decídua, Viçosa, MG**. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. EDUR. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da Vida, v. 24, n. 2, p. 145-150, 2004.
- MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; DO AMARAL, C. H.; MACIEL, T. Caracterização do dossel e do estrato de regeneração natural no sub-bosque e em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 759-767, 2008.
- MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 172-181, 2003.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland (OR): USDA Forest Service, Pacific Northwest Research station; General Technical Report PNW-GTR-351, 1995.
- METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of south-east Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v. 37, p. 29-35, 1997.
- MOREIRA, A. A. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente e dos conflitos de uso da terra em propriedade rurais**. 2009. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- NIZEYIMANA, E.; BICKI, T. J. Soil and soil landscape relationships in the North Central region of Rwanda, East-Central Africa. **Soil Science**, v. 153, p. 225-236, 1992.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA, G. C.; FERNANDES FILHO, E. I. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, INPE. p. 4443-4450.

OLIVEIRA, L. T. **Caracterização da fragmentação florestal para produção de sementes no entorno capixaba do Parque Nacional do Caparaó.** 2011. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

PARDINI, R.; BUENO, A. D. A.; GARDNER, T. A.; PRADO, P. I.; METZGER, J. P. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. **PLoS ONE**, v. 5, p. 1-10, 2010.

PÉRICO, E.; CEMIN, G. Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 9-21, 2006.

PENNOCK, D. J.; ZEBARTH, B. J.; JONG, E. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. **Geoderma**, v. 40, p. 297-315, 1987.

PEZZOPANE, J. E. M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG.** 2001. 225 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina: E. Rodrigues; 2001.

PSA. **Relatório de implantação do Plano de Segurança da Água.** Projeto Piloto Brasil - PSA/UFV-Município de Viçosa – Minas Gerais, Brasil, 151 p. 2009.

RESENDE, M. Clima do solo: suas relações com o ambiente agrícola. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 138, p. 43-59, 1986.

REZENDE, S. B.; RESENDE, M. Solos dos mares de morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ V.; V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável.** Viçosa-MG: SBCS, 1996. p. 261-288.

REZENDE, S. B. **Estudo de crono-toposequências em Viçosa-Minas Gerais.** 1971. 54 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1971.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. **Revista Florestal**, São Carlos, p. 54-65, 1981.

- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História ecológica da terra**. São Paulo: Edgard Blucher, 1994. 320 p.
- SANTANA, J. A. S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce-MG**. 1986. 117 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.
- SANTOS, P. A. **Avaliação do padrão de exatidão cartográfica em imagens Ikonos e CBERS-2B na bacia do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG**. 2008. 41 f. Monografia (Engenharia de Agrimensura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- SARCINELLI, T. S. **Representatividade ambiental e fragmentação florestal em áreas dominadas por plantios homogêneos: uma proposta para o arranjo espacial de fragmentos florestais**. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- SARCINELLI, T. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARCO JR., M.; LEITE, F. P. Representatividade fisiográfica e pedológica de fragmentos de floresta nativa em áreas de plantios homogêneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 499-509, 2012.
- SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M.; GRIPP JR, J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 555-563, 2011.
- SOUZA, P. B.; MEIRA-NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. Diversidade florística e estrutura fitossociológica de um gradiente topográfico em floresta estacional semidecidual submontana, MG. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 489-499, 2013.
- TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, n. 68, p. 571-573, 1993.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer Verlag, 1990. 536 p.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. A. **Revitalização da capacidade de produção de água da Microbacia do ribeirão São Bartolomeu – Viçosa, MG**. CMCN/UFV/EMATER/SAAE, 2002. 44 p.
- VALENTE, R. O. A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2001.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO A. L. R.; LIMA J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Instituto de Geografia e Estatística, 1991.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Instituto Florestal, 1992. p. 400-406.

ZUDEIMA, P. A.; SAYER, J. A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. **Environmental Conservation**, v. 23, p. 290-297, 1996.

## USOS DAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS, SEGUNDO O CÓDIGO FLORESTAL, EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MINEIRA

### RESUMO

O Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) constitui o instrumento legal mais importante na definição de áreas de proteção da vegetação nativa no Brasil, sendo as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as áreas de Reserva Legal (RLs) e as Áreas de Uso Restrito (AURs) as principais categorias. Este trabalho teve como objetivo analisar as áreas legalmente protegidas e os conflitos de uso existentes na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG. A base de dados constituiu-se do Modelo Digital de Elevação (MDE) e do mapa de uso do solo, ambos obtidos a partir da imagem Ikonos II de 2007 com resolução espacial de 5 metros. As delimitações das áreas protegidas e as análises de sobreposição de uso foram realizadas por meio do uso de técnicas de geoprocessamento, com auxílio do *software* ArcGIS 10.1. Os resultados demonstraram que a pastagem é o principal conflito de uso existente nas APPs e AURs. A área protegida por todas as categorias de APP presentes na bacia é de 325,3 ha (11,5% da área total da bacia), enquanto as AURs apresentam uma área de 386,2 ha (13,7% da bacia), revelando que esta categoria possui grande potencial para conservação dos fragmentos florestais. Além disso, a área de fragmentos florestais existentes nas AURs foi 40,8% superior àquela presente nas APPs, totalizando 127,8 ha. Ao se simular a consolidação das áreas em APP através da manutenção dos usos aptos, tem-se que 36,0% do total de APPs podem ser consideradas áreas consolidadas. Já o total de área destinada à RL reduziu em 5,2% a sua ocorrência na bacia ao se considerar as áreas consolidadas. As propriedades com dimensão inferior a um módulo fiscal (equivalente a 22 ha) apresentaram a maior quantidade de APPs, AURs e RLs dentre as classes de área de propriedades analisadas. Estas apresentam as maiores proporções de conflitos de uso do solo nas APPs e AURs, apesar de possuírem a maior quantidade absoluta de áreas com cobertura florestal nessas categorias.

**Palavras-chave:** conservação florestal, conflitos de uso do solo, Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

## USES OF LEGALLY PROTECTED AREAS, ACCORDING TO THE FOREST CODE, IN A WATERSHED FROM THE MINAS FOREST AREA

### ABSTRACT

The Forest Code (Law no. 12.651/2012) constitutes the most important legal instrument in the definition of native vegetation protection areas in Brazil, and the main categories are the Permanent Preservation Areas (APPs), the Legal Reserve Areas (RLs) and the Restricted Use Areas (AURs). This paper aimed at analyzing the legally protected areas and the conflicts of use that exist in the catchment basin of the São Bartolomeu brook, in Viçosa-MG. The data base is composed of the Elevation Digital Model (MDE) and of the soil use map, both obtained from the Ikonos II of 2007 image with spatial resolution of 5 meters. The delimitation of the protected areas and the overlay analysis of use were carried out by the use of geoprocessing techniques with the help of the ArcGIS 10.1 software. The results showed that the pasture is the main use conflict in the APPs and AURs. The protected area for all the categories of APP in the basin is 325.3 ha (11.5% of the total basin area), while the AURs present an area of 386.2 ha (13.7% of the basin), revealing that this category has great conservation potential of the forest fragments. In addition, the forest fragments area in the AURs was 40.8% superior to the ones in the APPs, totaling 127.8 ha. When simulating the consolidation of areas in APP through the maintenance of the suitable uses, 36.0% of the total APPs can be considered consolidated areas. The total area reserved for RL reduced in 5.2% in the basin when considering the consolidated areas. The properties with dimension inferior to a fiscal module (equivalent to 22 ha) presented a greater amount of APPs, AURs and RLs among the classes of analyzed properties area. They present higher proportions of soil use conflicts in the APPs and AURs, although they have a higher absolute amount of areas with forest coverage in these categories.

**Keywords:** forest preservation, soil use conflicts, Geographic Information Systems (SIG).

## INTRODUÇÃO

A falta de planejamento racional de uso da terra gera consequências que variam conforme o grau de degradação e a resiliência do ecossistema, culminando muitas vezes em alto grau de degradação ambiental e redução da qualidade de vida da população. As consequências da má utilização dos solos resultam, em um primeiro momento, na sua degradação física, química e biológica, que procederá na gradativa diminuição do seu potencial produtivo. Concomitantemente com a desagregação do solo, haverá a aceleração do processo de erosão com o posterior assoreamento de rios, barragens, bem como poluição dos cursos d'água por pesticidas e adubos químicos contidos na terra erodida (SANTOS & KLAMT, 2004).

A crescente conversão de áreas de vegetação natural para outros usos da terra agrava situações de abastecimento de água potável, aumentando os custos de tratamento pela má qualidade da água e pela irregularidade de abastecimento e, em casos extremos, pode culminar em catástrofes, como deslizamentos de terra, enchentes e contaminação da água superficial ou subterrânea. Segundo Snyder et al. (2005), existe relação direta da qualidade dos recursos hídricos com o uso e ocupação do solo, sendo que a conversão de áreas florestadas, principalmente para o uso agrícola ou urbano, tem sido associada à diminuição da qualidade da água.

O Código Florestal (Lei 12.651/2012) estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, onde dispõe sobre as áreas de proteção, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. A adequação legal dos usos do solo visa conservar a biodiversidade local e proteger as áreas mais frágeis do relevo, sendo explícita a preocupação com a vegetação natural visando à proteção dos recursos hídricos.

Diversos estudos tem sido realizados no âmbito da legislação florestal, como Soares et al. (2011a), Costa et al. (2013), Rodrigues et al. (2001), os quais demonstram que o Código Florestal de 1965, de forma geral, não estava sendo aplicado pelos proprietários de terra no que tange às APPs, onde foram observados diversos usos dessas áreas para finalidades adversas à conservação da vegetação natural. Devido à recente revisão do Código Florestal, em 2012, torna-se importante verificar as alterações no que se refere às delimitações das APPs e RLs, incluindo a consideração de

áreas consolidadas. Uma alteração importante se refere à delimitação das APPs em topos de morros, onde Oliveira & Fernandes Filho (2013) observaram significativas reduções de abrangência dessa categoria, visto que as novas exigências em altura e declividade média são dificilmente atendidas. Outra alteração se refere à criação das Áreas de Uso Restrito (AURs), onde o uso é limitado de acordo com certas exigências, sendo vedadas novas supressões de vegetação nativa.

A delimitação das áreas protegidas pode ser realizada no campo por profissionais com auxílio de receptor GPS, clinômetros e outros instrumentos. Contudo, esse procedimento é demasiadamente moroso, visto que os profissionais teriam que percorrer todas as propriedades para realizar a delimitação. Para Nascimento et al. (2005), o monitoramento das APPs tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base na topografia exigem o envolvimento de informações detalhadas. Contudo, com o desenvolvimento de sofisticados algoritmos e a sua incorporação aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível um processamento rápido e eficiente dos dados (OLIVEIRA, 2002), permitindo obter a delimitação das áreas legalmente protegidas, assim como suas análises.

No município de Viçosa, há predominância de áreas com topografia acidentada, o que torna mais importante a proteção de áreas frágeis nas propriedades. No entanto, os problemas ambientais têm se agravado com a ocupação desordenada da terra. Visto que grande parte do abastecimento de água do município provém dos recursos hídricos captados em seu próprio território e que as APP's não têm sido conservadas a contento (FERREIRA & DIAS, 2004; FRANCO, 2000; COSTA et al. 2013; SOARES et al. 2011a), teve-se com este trabalho o objetivo de analisar as áreas protegidas, segundo a Lei nº 12.651 de 2012, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Base de dados**

Foi gerado um MDE (Modelo Digital de Elevação) a partir do interpolador *Topo to Raster* do ArcGIS 10.1 com resolução espacial de 5 metros. As entradas foram as curvas de nível de cinco metros e a hidrografia extraída da carta planialtimétrica

folha Viçosa do IBGE (SF-23-X-B-V-3) do ano 1979, na escala de 1:50.000, em formato digital. As curvas de nível, com exatidão altimétrica Classe A, foram obtidas a partir da restituição digital da imagem Ikonos II, de outubro de 2007. A imagem encontrava-se georreferenciada e ortorretificada com Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) Classe A para a escala 1:10.000 (SANTOS, 2008).

A hidrografia foi obtida por mapeamento visual da imagem Ikonos, com auxílio da imagem disponível no Google Earth (Digital Globe, 2013), das curvas de nível e da hidrografia mapeada do IBGE. Foram realizadas visitas a campo com receptor GPS a fim de garantir o correto mapeamento da hidrografia em locais considerados visualmente não conclusivos.

O mapa de uso do solo foi classificado por Moreira (2009) por interpretação visual e levantamentos de campo. Foram identificadas e mapeadas nove classes de uso e ocupação da terra: pastagem, floresta natural, cafezal, culturas anuais, floresta plantada, área urbana, hidrografia, benfeitorias e vias de acesso.

### **Identificação das Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Uso Restrito e de Reserva Legal**

Todas as categorias de APP com possibilidade de ocorrência dentro da área foram analisadas, sendo elas: margens de corpos d'água e de reservatórios artificiais, entorno de nascentes, topos de morros e encostas com mais de 45° de declive. Foram observados os parâmetros dispostos na Lei nº 12.651 de 2012, utilizando os *softwares* ArcGIS 10.1 e Excel para realizar os procedimentos necessários para a execução das análises das áreas legalmente protegidas. As áreas consolidadas são as áreas de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, sendo assim, visando identificar tais locais na área de estudo, foram analisados os usos nos imóveis rurais considerando como limite temporal a data da imagem Ikonos, outubro de 2007.

Para delimitar as APPs de matas ciliares, foi criado um *buffer* de 30 metros a partir da hidrografia, sendo esta dimensão empregada devido à largura do curso d'água ser inferior a 10 metros. A borda da calha do leito regular foi considerada a feição linear da hidrografia, visto que na grande maioria das vezes, os cursos d'água são pequenos e percorrem a topografia em relevo encaixado, com largura da calha inferior ao da resolução geométrica da imagem, tendo sido representados por linhas. Para os imóveis com áreas consolidadas, foi simulada a recomposição obrigatória das faixas marginais

considerando cinco metros de recomposição dentro de propriedades rurais com até um módulo fiscal, de oito metros para as propriedades com um a dois módulos fiscais, de 15 metros para as propriedades com dois a quatro módulos fiscais e foi considerada a largura de 30 m para as propriedades com área superior a quatro módulos fiscais. O módulo fiscal para o município de Viçosa é de 22 ha.

A delimitação das APPs de nascentes foi realizada a partir da criação de um *buffer* com raio de 50m no entorno das nascentes. Nos casos de áreas rurais consolidadas, foi considerada a recomposição obrigatória de raio mínimo de 15m.

As APPs dos reservatórios artificiais de água presentes na bacia foram delimitadas como a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima *maximorum*. Tal consideração de APP só é válida para reservatórios que possuam área de superfície superior a 1 ha.

A delimitação das APPs de encostas com declividade superior a 45 ° e dos topos de morros foi realizada pela metodologia proposta por Oliveira & Fernandes Filho (2013). Para a identificação da declividade das encostas, o valor máximo de declividade foi calculado entre cada célula e suas oito células adjacentes, sendo a declividade calculada a partir da diferença de altitude entre as células dividida pela distância entre as mesmas, ou seja, 5 m nas direções ortogonais e 7,07 m nas diagonais.

Foram considerados APPs de topos de morros os locais com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, com áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base. Por se tratar de relevo ondulado, a base foi definida pelo plano horizontal determinado pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação. A declividade média maior que 25° foi obtida considerando a média das declividades de cada direção calculadas para as APPs de encostas.

Nas áreas consolidadas das APPs, foi admitida a manutenção de residências e da infraestrutura associada às atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, inclusive o acesso a essas atividades (Art 61-A, § 12). Dessa forma, os usos consolidados para as APPs de nascentes e de matas ciliares foram as edificações, a área urbana, vias, culturas anuais, plantios florestais e cafezal, pois as atividades de ecoturismo e turismo rural praticamente não ocorrem. Nas áreas consolidadas das APPs de encostas e de topos de morros foi admitida a manutenção de atividades florestais, culturas de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo.

A APP total foi obtida pela união das categorias encontradas na bacia de captação. Foram realizadas análises dos usos do solo para cada categoria de APP, sendo desconsideradas categorias que tivessem ocupação inferior a 1% em relação à área da bacia de captação por ser considerada de dimensão insignificante, contudo foram contabilizadas no total de APPs. O cômputo das APPs no cálculo do percentual da Reserva Legal (RL), visando obter 20% da área da propriedade, considerou o disposto no inciso II do Art. 15, ou seja, a área de APP computada estava conservada ou em processo de recuperação. Dessa forma, apenas imóveis que possuem área com floresta nativa em APP foram consideradas no cômputo.

As Áreas de Uso Restrito (AURs), compreendidas entre as declividades de 25° e 45°, foram obtidas a partir da reclassificação dos valores de declividade, visando à identificação dos locais onde, segundo Art. 11 do Código Florestal, são permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas. Dessa forma, foi considerada como usos conflitantes a agricultura (cultura anual), o café, a floresta plantada e a pastagem.

Os totais de APPs e AURs foram analisados com o mapa de usos do solo permitindo identificar os conflitos e adequações da bacia de captação. Posteriormente, as análises foram realizadas considerando os limites das propriedades, sendo avaliadas por classe de tamanho baseadas nas dimensões dos imóveis descritos no Código Florestal: menor que um módulo fiscal (Classe 1), entre um e dois módulos fiscais (Classe 2), entre dois e quatro módulos fiscais (Classe 3) e superior a quatro módulos fiscais (Classe 4). As propriedades rurais foram delimitadas por Soares et al. (2011b) na imagem Ikonos II, por meio de entrevista com os proprietários em seus respectivos imóveis e as devidas correções das linhas divisórias em ambiente SIG, gerando-se, assim, o mapa dos imóveis com 292 propriedades.

A RL para a área em questão define-se como sendo 20 % da área da propriedade, segundo Art. 12 do Código Florestal. As análises foram realizadas utilizando os fragmentos aptos a RL, obtidos pela subtração do total de floresta nativa pelo total de APP, através da classe de tamanho das propriedades localizadas na área de estudo. Contudo, considerando o Art. 67 da mesma lei, nos imóveis que detinham área de até quatro módulos fiscais com remanescente de vegetação nativa em percentual inferior ao exigido, a RL foi constituída com a área ocupada com a vegetação até a data

limite do uso consolidado. Os excedentes obtidos depois do cômputo total de APP e de RL, foram considerados passíveis de utilização por servidão ambiental, Cota de Reserva Ambiental (CRA) ou demais instrumentos previstos em lei.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e das Áreas de Uso Restrito (AURs) permitiu identificar e quantificar as áreas de uso restrito e as categorias de APPs situadas nas nascentes, matas ciliares e encostas, contudo não foram identificadas APPs de topos de morros, visto que não houve atendimento aos critérios descritos no inciso IX do Art. 4º do Código Florestal. A maior parte dos reservatórios presentes na bacia de captação possuem dimensões inferiores a um hectare, situação que dispensa a faixa de proteção de APP. Apenas dois reservatórios apresentaram superfície superior ao limite, sendo considerada uma faixa de proteção de cinco metros. As APPs de encostas e de reservatórios, embora identificadas, abrangeram áreas de apenas 5,2 ha (0,18% da área de estudo) e 1,6 ha (0,06% da área de estudo), respectivamente.

O total de áreas protegidas por APPs foi de 325,3 ha, representando 11,5 % do total da bacia de captação (Tabela 1). Em estudos baseados no Código Florestal de 1965, Soares et al. (2011a) obteve valores em torno de 54% de áreas protegidas na bacia do São Bartolomeu, onde incluíram-se APPs de terço superior das sub-bacias e as áreas de contribuição das nascentes. Trabalhando na microbacia do Paraíso, em Viçosa-MG, Soares et al. (2002) encontraram que 65% da área eram de preservação permanente e Gripp Júnior et al. (2010) obteve 54% em região próxima a Viçosa, nos municípios de Canaã, Araponga e Ervália. A pouca abrangência das APPs, segundo o atual Código Florestal, deve-se às diferenças em relação ao Código anterior de 1965, advindas do reflexo das alterações dos parâmetros da APP dos topos de morros e extinção de algumas categorias que eram anteriormente presentes, sendo elas: áreas de contribuição das nascentes e ao longo das linhas de cumeada.

No total de APPs, nota-se que a pastagem constitui o maior conflito de uso do solo, seguido das culturas anuais e do cafezal (Tabela 1). A pastagem, quando mal manejada, possui grande potencial erosivo causado pela diminuição da cobertura superficial (BERTOL et al., 1998). Costa et al. (2013) obtiveram resultados em torno de 50% de ocupação de APPs por pastagem na bacia do ribeirão São Bartolomeu em duas datas de avaliação distintas, baseando no Código Florestal de 1965. Ainda segundo os

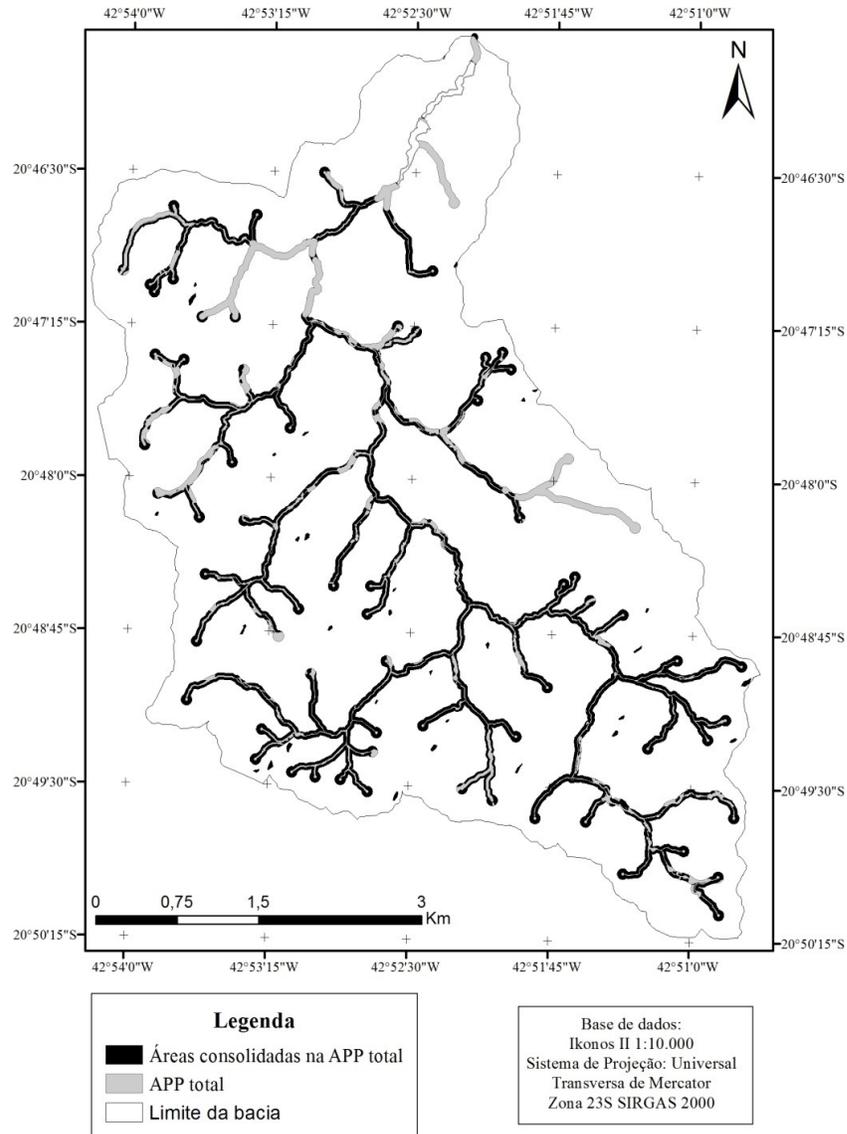
autores, o cafezal e as culturas anuais tiveram grandes expansões entre os anos de 1987 e 2007. Baseando-se no mesmo Código Florestal, Soares et al. (2011a) identificaram 60% de APPs ilegalmente utilizadas na área de estudo. Em Rodrigues et al. (2001), foi verificada a adequação do uso da terra na bacia do Rio Pardo (SP), resultando que 8,5% da área com pastagens deveria ser substituída por reflorestamento e, ou, preservação ambiental. No presente estudo, com a consideração das Disposições Transitórias, uma área de 207,6 ha foi considerada consolidada, sendo esta proveniente, de forma mais expressiva, pela pastagem e culturas anuais.

**Tabela 1** - Usos do solo no total das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Uso	APPtotal		APP com áreas consolidadas	
	Área (ha)	% em relação à APP	Área (ha)	% em relação à APP
Culturas anuais	49,3	14,2	10,0	7,2
Área urbana	12,2	3,5	5,0	3,6
Benfeitoria	8,9	2,6	1,5	1,1
Cafezal	15,1	4,4	3,4	2,5
Floresta nativa	52,1	15,0	52,1	37,4
Floresta plantada	1,1	0,3	0,0	0,0
Pastagem	181,4	52,4	46,1	33,1
Vias	5,1	1,5	0,6	0,4
Total	325,3	11,5 *	118,8	4,2 *

\* - Porcentagem em relação à área total da bacia de captação.

A presença de floresta nativa nas APPs foi de apenas 15% (Tabela 1), enquanto Soares et al. (2011a) obtiveram 39% no mesmo local de estudo. Essa diferença foi, possivelmente, proveniente da menor quantidade de áreas protegidas nos topos de morros e nas áreas de contribuição das nascentes, onde predominam os remanescentes florestais, resultando na concentração espacial de APPs do novo Código Florestal nas áreas próximas aos cursos d'água, onde ocorre preferência histórica por usos como agricultura e ocupação urbana. Oliveira et al. (2008) encontrou 18% das APPs protegidas por vegetação nativa em região de Mata Atlântica, no entorno do Parque Nacional do Caparaó. A distribuição espacial das APPs e das áreas consolidadas encontra-se apresentada na Figura 2.



**Figura 2** - Áreas de Preservação Permanente e consolidadas na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Conforme apresentado na Tabela 2, a APP de margem dos rios abrangeu 295,8 ha, representando 10% da área da bacia de captação, sendo os principais conflitos a pastagem e as culturas anuais. Moreira (2009), para a mesma região de estudo, obteve 21% dessa categoria de APP em relação à área total baseando-se no Código Florestal de 1965. Proveniente da consolidação de áreas urbanas, notadamente oriunda da pastagem e culturas anuais, foi identificada uma área de 184,6 ha de áreas consolidadas em APP de matas ciliares.

**Tabela 2** - Usos do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de margens de rios na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Uso	APPciliar		APP com áreas consolidadas	
	Área (ha)	% em relação à APP	Área (ha)	% em relação à APP
Culturas anuais	46,7	14,8	9,4	7,1
Área urbana	11,5	3,6	4,4	3,3
Benfeitoria	8,6	2,7	1,5	1,1
Cafezal	12,2	3,9	3,2	2,5
Floresta nativa	47,7	15,1	47,7	36,2
Floresta plantada	0,5	0,2	0,0	0,0
Pastagem	163,4	51,6	44,4	33,6
Vias	5,1	1,6	0,6	0,4
Total	295,8	10,5 *	111,2	3,9 *

\* - Porcentagem em relação à área total da bacia de captação.

Segundo a Tabela 3, as APPs no entorno das nascentes apresentaram pouca expressividade na paisagem, ocupando 52,3 ha referentes às APPs de 68 nascentes mapeadas, correspondendo a 2% em relação à área total.

**Tabela 3** - Usos do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno de nascentes na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Uso	APPnascentes		APP com áreas consolidadas	
	Área (ha)	% em relação à APP	Área (ha)	% em relação à APP
Culturas anuais	5,5	10,3	0,4	3,6
Área urbana	0,0	0,0	0,0	0,0
Benfeitoria	0,4	0,7	0,0	0,0
Cafezal	5,5	10,3	0,4	3,3
Floresta nativa	7,3	13,7	7,3	61,4
Floresta plantada	0,4	0,7	0,0	0,0
Pastagem	33,4	62,8	2,9	24,7
Vias	0,1	0,2	0,0	0,0
Total	52,3	1,9 *	11,0	0,4 *

\* - Porcentagem em relação à área total da bacia de captação.

A pastagem, as culturas anuais e o cafezal são os conflitos mais expressivos nessa categoria de APP. Avaliando o impacto das áreas consolidadas, nota-se consolidação de 41,3 ha que ocorreu devido às áreas ocupadas por pastagem, cafezal e culturas anuais, sendo que não houve área urbana nessa categoria de APP.

As maiores ocorrências de áreas consolidadas foram nas menores propriedades, gerando redução de 130 ha na Classe 1 (Tabela 4). Devido às áreas consolidadas, 21 propriedades deixaram de possuir APP dentro de seus limites, sendo 20 propriedades na Classe 1 e uma propriedade na Classe 2. A facilitação da regularização das menores propriedades foi intencional pelo legislador do Código Florestal que fez tratamento diferenciado de áreas consolidadas em algumas categorias de APP e em RL para as propriedades de acordo com sua extensão territorial.

**Tabela 4** - Relação do total de Área de Preservação Permanente (APP) de acordo com a classe de tamanho das propriedades na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe de tamanho	N prop. total	Disposições Gerais			Disposições Transitórias		
		APP total	N prop.	Ocupação média	APP com áreas consolidadas	N prop. 1	Ocupação média
		ha	-	%	ha	-	%
(1) Menor que 22 ha	259	174,3	225	22,2	44,4	20	6,3
(2) 22 a 44 ha	26	97,7	26	12,6	30,5	1	4,1
(3) 44 a 88 ha	4	20,2	4	8,7	11,2	0	5,0
(4) Maior que 88 ha	3	33,0	3	8,5	33,0	0	8,5
Total	292	325,3	258		119,1	21	

Sendo: N prop. total = número de propriedades; N prop. = número de propriedades com APP; N prop. 1 = número de propriedades que deixaram de possuir APP considerando as áreas consolidadas.

A ocupação média de APP na propriedade apresentou grande variação de acordo com o tamanho do imóvel, sendo que as menores propriedades apresentaram os maiores valores de ocupação média, destacando a discrepância do impacto das APPs de acordo com o tamanho da propriedade (Tabela 4). A diferença entre as classes de tamanho é abrandada ao desconsiderar as áreas consolidadas nas APPs, onde os valores médios de ocupação variaram de 4,1 a 8,5%, devido ao fato das menores classes terem obtido maior quantidade de áreas consolidadas.

Pela análise da Tabela 5, nota-se tendência de menores percentuais de conflito nas APPs à medida que se aumenta a classe de tamanho, com conflitos que variaram percentualmente entre 50 a 89%. Tal fato pode ser atribuído às menores possibilidades de áreas produtivas nas pequenas propriedades, fazendo com que estas avancem para as APPs. Oliveira et al. (2008), em estudo semelhante, encontraram que 74% das APPs estavam sendo utilizadas por uso indevido. Em estudo desenvolvido por

Soares et al. (2002) em uma sub-bacia do ribeirão São Bartolomeu-MG, a análise do uso do solo indicou que 25% da APP apresentava conflitos de uso.

**Tabela 5** - Conflitos dos usos do solo e áreas consolidadas no total de Áreas de Preservação Permanente (APP) de acordo com a classe de tamanho das propriedades na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe de tamanho	Floresta nativa na APP			Conflitos APP total			Área consolidada		
	ha	%	N prop.	ha	%	N prop.	ha	%	N prop.
Menor que 22 ha (1)	18,7	10,7	60	155,6	89,3	223	129,9	81,6	223
22 a 44 ha (2)	11,5	11,8	18	86,2	88,2	26	67,3	71,6	26
44 a 88 ha (3)	5,4	26,7	4	14,8	73,3	4	9,0	46,7	4
Maior que 88 ha (4)	16,5	49,9	3	16,5	50,1	3	0,9	2,7	3
Total	52,1		85	273,2		256	207,2		256

Sendo: N prop. = número de propriedades; % = Porcentagem de área em relação à APP total.

Do total de propriedades analisadas, apenas duas propriedades não apresentaram conflito de uso (Tabela 4 e 5), ambas na Classe 1. Essa classe também apresentou a maior quantidade de áreas consolidadas, com 82% de áreas consolidadas em relação ao total de APP dessa classe. Apesar disso, com a maior quantidade de floresta nativa em APPs nessa classe, ressalta-se a importância das pequenas propriedades na conservação dos remanescentes florestais. Em contrapartida, a classe de maior tamanho com apenas três propriedades apresentou expressiva quantidade de floresta nativa nas APPs.

Analisando a Tabela 6, na Classe 4 não foram obtidas áreas de APP com possibilidade de consolidação. O cômputo das APPs no cálculo do percentual da Reserva Legal (RL) do imóvel diferiu conforme o tamanho da propriedade, sendo mais significativo para a Classe 1, onde 60 propriedades possuíram um total de 13,8 ha com possibilidade de aproveitamento para RL.

A recomposição florestal, descrita no Art. 61-A do Código Florestal, demonstrou que deve ser recomposta uma área de 41,2 ha na bacia de captação, distribuídas em 231 propriedades (Tabela 6), pelos métodos descritos no §13 do artigo: “condução de regeneração natural de espécies nativas; plantio de espécies nativas; plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas; plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área total a ser recomposta, no caso de pequena propriedade ou posse rural familiar”.

**Tabela 6** - Recomposição mínima das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e cômputo da APP na Reserva Legal (RL) em função da classe de tamanho das propriedades na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa - MG

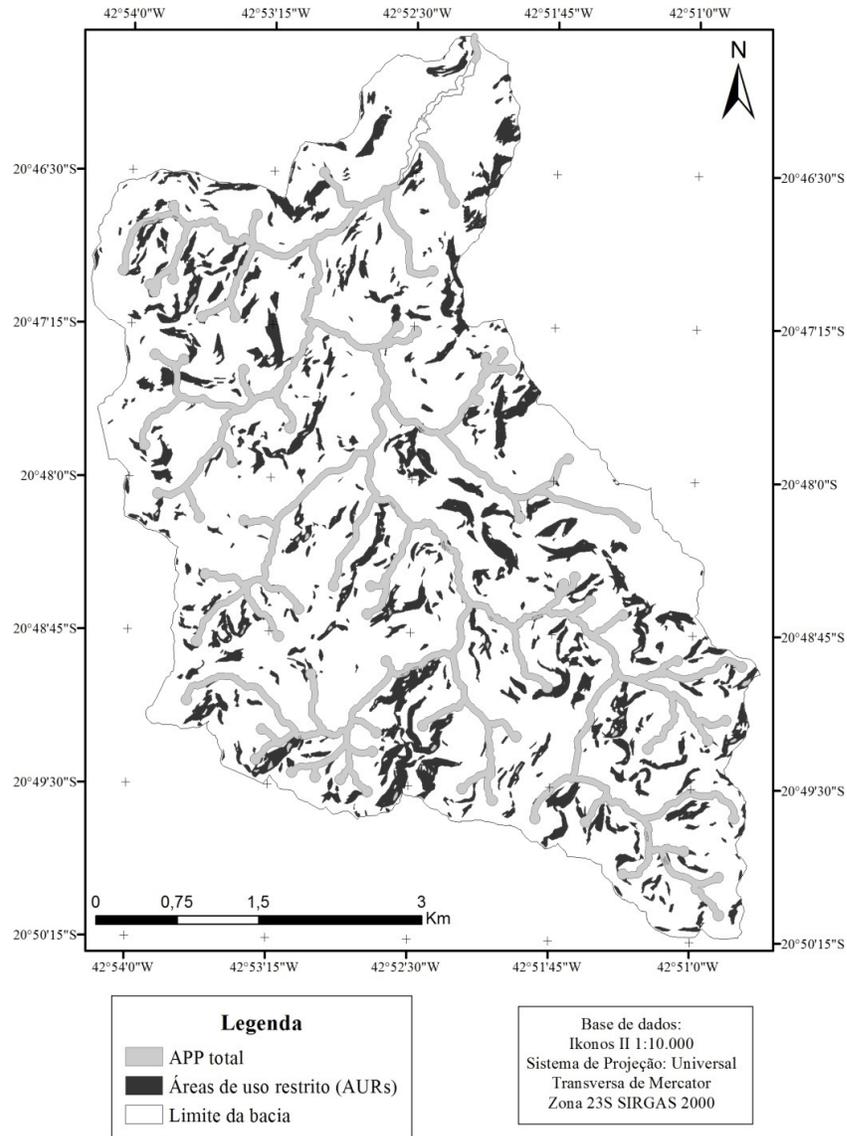
Classe de tamanho	Cômputo da APP na RL		Recomposição mínima	
	N prop.	ha	N prop.	ha
Menor que 22 ha (1)	60	13,8	199	25,6 *
22 a 44 ha (2)	18	6,9	25	19,1
44 a 88 ha (3)	4	2,7	4	5,8
Maior que 88 ha (4)	3	2,9	3	16,3
Total	85	26,3	231	41,2

Sendo: N prop. = número de propriedades. \* Aplicando-se o limite de recomposição em relação à área do imóvel, uma área de 0,9 ha da Classe 1 apresentou dispensa de recomposição.

As menores propriedades apresentaram maiores necessidades de recomposição, com 25,6 ha de área a serem restauradas distribuídas em 199 propriedades (Tabela 6). Na Classe 3, embora quatro propriedades necessitem de recomposição, foi obtida a menor necessidade de área a ser recomposta. Aplicando-se o limite de recomposição em relação à área do imóvel tratada no Art. 61-B, 21 propriedades da Classe 1 extrapolaram o limite de 10% da área total do imóvel, isentando a recomposição de área equivalente a 0,9 ha. Entretanto, a recomposição prevista resultou em pequenas áreas a serem recompostas, podendo servir de estímulo para os proprietários adequarem seus imóveis.

Nas AURs permite-se o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, assim como infraestrutura relacionada, utilizando-se de boas práticas agronômicas. Contudo, novas conversões de áreas são vedadas, salvo em casos de utilidade pública e interesse social. Dessa forma, as encostas com declividade entre 25° e 45° encontram-se protegidas como AUR, sendo sua distribuição espacial apresentada na Figura 3.

O total de AURs, com sobreposição nas APPs, foi constituído por 386,2 ha com diversos usos, correspondendo a uma ocupação de 13,7% do total da bacia de captação (Tabela 7). Tal dimensão é bastante expressiva, pois a soma de todas as categorias de APPs presentes na bacia de captação possui menor ocupação. Aproximadamente metade das AURs possuem pastagem como uso predominante, seguido da floresta nativa.



**Figura 3** - Áreas de Uso Restrito (AURs) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

É possível notar a relevância dessa nova categoria de preservação florestal ao se analisar, não apenas a maior abrangência de área dessa categoria em relação ao total de APP, mas também a quantidade de floresta existente nas áreas de uso restrito. Enquanto nas APPs se mantém área de 52,1 ha de floresta nativa (Tabela 1) e se prevê recomposição de 41,2 ha (Tabela 6), as AURs asseguram a proteção de 127,8 ha de florestas nativas (Tabela 7). Entretanto, entende-se que as AURs e as APPs possuem objetivos distintos de preservação, pois as APPs encontram-se relacionadas

majoritariamente com a proteção do entorno dos corpos d'água, enquanto as AURs estão localizadas nas áreas de encostas. Visto que os parâmetros para classificar APPs de encostas são dificilmente encontrados no relevo da área estudada, ressalva-se a importância da nova categoria de AUR, protegendo encostas menos declivosas com vegetação nativa e contribuindo para a conservação dos solos e dos recursos hídricos da região.

**Tabela 7 - Usos do solo nas Áreas de Uso Restrito (AURs) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG**

Uso	Área (ha)	%
Culturas anuais	9,9	2,5
Área urbana	8,0	2,1
Benfeitoria	1,3	0,3
Cafezal	21,9	5,6
Floresta nativa	127,8	32,9
Floresta plantada	16,7	4,3
Pastagem	199,0	51,2
Vias	1,5	0,4
Total	386,2	13,7

Na Tabela 8 é evidenciada a relação da ocupação por AURs nas diferentes classes de tamanho das propriedades, sendo que todos os imóveis com dimensão superior a 22 ha apresentam essa categoria dentro de seus limites. Na classe de menor tamanho, cerca de 80% dos imóveis possuem AUR e a área abrangida por elas totaliza 196,8 ha, sendo este valor superior à soma das AURs das demais classes. Assim, o impacto na ocupação dessas áreas nos imóveis é maior nas menores propriedades, embora percentualmente as ocupações tenham sido semelhantes entre as classes (Tabela 4).

As Classes 1 e 4 possuem as maiores extensões de floresta nativa nas AURs, contudo, a cobertura florestal se encontra presente em quantidade mais expressiva nas propriedades da Classe 1 (Tabela 9). A ocupação média de AURs foi menos expressiva nesta classe, aumentando a expressividade à medida que se eleva o tamanho das propriedades, sendo este um comportamento diferenciado da ocupação média das APPs, presente na Tabela 4. Portanto, pode-se inferir que o impacto de ocupação das AURs foi mais elevado nas maiores propriedades. Essa cobertura florestal presente nas propriedades não pode ser convertida para outros usos, contudo é permitido o manejo

sustentável. Uma área de 30,7 ha encontra-se com sobreposição entre AURs e APP, devendo nesses casos prevalecer as normas que regem a APP, por essas serem mais restritivas.

**Tabela 8** - As Áreas de Uso Restrito (AURs) e as propriedades de acordo com a classe de tamanho na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

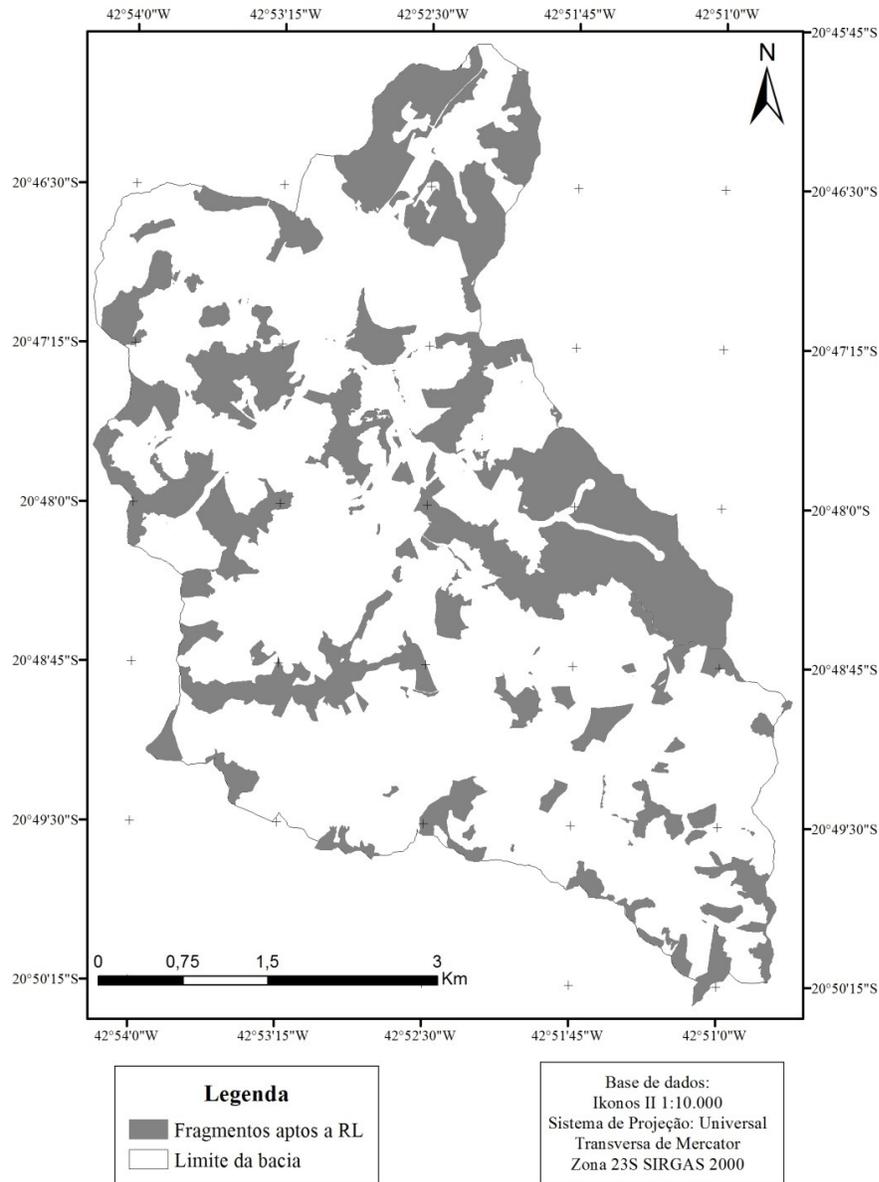
Classe de tamanho	N prop.	Áreas de Uso Restrito		
		Área	N prop. 1	Ocupação média
		ha	-	%
(1) Menor que 22 ha	259	196,8	204	14,4
(2) 22 a 44 ha	26	110,0	26	13,8
(3) 44 a 88 ha	4	30,3	4	13,0
(4) Maior que 88 ha	3	49,1	3	10,9
Total	292	386,2	237	

Sendo: N prop = número de propriedades; N prop. 1 = número de propriedades com AUR.

**Tabela 9** - Floresta nativa e conflitos nas Áreas de Uso Restrito (AURs) de acordo com a classe de tamanho das propriedades na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe de tamanho	Floresta nativa na AURs			Sobreposição com APP
	Área	Número de propriedades	Ocupação média	Área
	ha	-	%	ha
(1) Menor que 22 ha	52,8	103	26,8	138,3
(2) 22 a 44 ha	27,7	23	25,2	78,4
(3) 44 a 88 ha	13,5	4	44,7	16,4
(4) Maior que 88 ha	33,8	3	68,8	14,4
Total	127,8	133		247,6

Desconsiderando as APPs das propriedades, foram obtidos os remanescentes florestais aptos a constituírem a RL (Figura 4). Além disso, foi considerado que as AURs podem ser contabilizadas como RL por não existir nenhuma restrição expressa em lei.



**Figura 4** - Fragmentos florestais que podem ser contabilizados para RL na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Segundo o Código Florestal, todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa a título de RL, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as APPs, observado o percentual mínimo de 20% da área do imóvel para a região em questão. A maior parte da floresta nativa existente na bacia de estudo encontra-se disponível para RL, sendo consequência da baixa abrangência florestal nas APPs (Tabela 10).

**Tabela 10** - Reserva Legal (RL) e excedentes florestais de acordo com a classe de tamanho das propriedades na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe de tamanho	N. prop.	Floresta nativa	Floresta disponível para RL	RL	Excedente 1	Cômputo	RL consolidado	Excedente 2
	-	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Menor que 22 ha (1)	259	316,4	297,8	271,4	26,4	76,2	153,3	144,4
22 a 44 ha (2)	26	199,4	187,8	156,0	31,8	95,7	126,1	61,8
44 a 88 ha (3)	4	75,4	70,0	45,1	24,9	39,7	44,1	25,9
Maior que 88 ha (4)	3	317,6	301,1	92,9	208,2	76,4	92,9	208,2
Total	292	908,8	856,7	565,4	291,3	288,1	416,4	440,2

Sendo: Floresta disponível para RL = Floresta nativa existente fora das Áreas de Preservação Permanente (APPs); Excedente 1 = Saldo da área florestal após balanço das áreas de RL entre as propriedades da classe; Cômputo = Área florestal que foi admitida no cômputo das áreas de RL; RL consolidado = Área de RL considerando a consolidação de áreas; Excedente 2 = Saldo da área florestal após o balanço das áreas de RL com áreas consolidadas entre as propriedades da classe.

Seriam necessários 565,4 ha de floresta nativa para cumprimento do limite estabelecido de RL na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, sendo que o total de RL na Classe 1 é maior que nas demais classes (Tabela 10). As áreas das propriedades com déficit de fragmentos florestais foram descontadas do excedente de áreas das propriedades com cumprimento da RL, gerando saldo positivo (excedentes) em todas as classes de tamanho. A Classe 4 revelou-se com a maior quantidade de excedentes florestais da bacia, com 208,2 ha de floresta nativa sem inclusão em APP ou RL, com a presença de grandes fragmentos florestais dentro de seus limites. Segundo Costa et al. (2013), a pequena redução de floresta nativa de 3,4% entre 1987 e 2007 na área de estudo pode ter sido ocasionada pela presença destes fragmentos, os quais são preservados, principalmente, para as atividades de ensino e pesquisa.

Admitindo que as propriedades que apresentaram floresta nativa nas APPs realizem o cômputo destas áreas no cálculo do percentual de RL do imóvel, tem-se que 288,1 ha deixariam de ser exigidos dos fragmentos aptos a RL, com destaque para a Classe 2 onde 95,7 ha seriam computados nas RLs (Tabela 10). Visando identificar os fragmentos florestais aptos para averbação como RL segundo o Código Florestal de 1965, Soares et al. (2011b) obtiveram que apenas 14% das propriedades possuíam acima de 20% de cobertura florestal, estando aptos a atender a legislação ambiental no que se refere à RL.

Contudo, baseado no Art. 67 que trata sobre áreas consolidadas em áreas de RL, os imóveis rurais com até quatro módulos fiscais com remanescente de vegetação nativa

em percentuais inferiores ao previsto no Art. 12, a Reserva Legal deve ser constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente na data de consolidação, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo. Dessa forma, apenas a Classe 4 não apresentam possibilidade de áreas consolidadas na RL, tendo as demais classes admitido reduções de RL (Tabela 10).

Considerando a aplicação das áreas consolidadas na RL, os excedentes florestais que não estão compreendidos na APP e na RL totalizaram 440,2 ha (Tabela 10), sendo que esse valor representa aproximadamente 46% do total de floresta natural existente na bacia que não apresentaram proteção legal pelas APPs e RLs. Nota-se que as áreas consolidadas nas RLs apresentaram maior ocorrência nas Classes 1 e 2, devido à grande quantidade de propriedades que não apresentaram 20% de remanescente florestal. Ressalta-se que parte dos excedentes florestais pode estar presente nas AURs, configurando a proteção da floresta nativa presente nesses locais.

## CONCLUSÕES

As pastagens foram o uso conflitante de maior ocorrência na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, tendo seu predomínio nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e nas Áreas de Uso Restrito (AURs). As maiores propriedades apresentaram menores proporções de conflitos de uso, em contrapartida, a totalidade das pequenas propriedades apresentaram maior quantidade de fragmentos florestais protegidos e também de áreas consolidadas.

As APPs ocuparam aproximadamente 11,5% da área total da bacia, já as AURs ocuparam 13,7%, sendo esta nova categoria de grande relevância para a proteção de áreas com florestas nativas existentes na bacia hidrográfica, dada a diminuição de áreas protegidas por APP no novo Código Florestal. A quantidade de floresta já existente nas APPs foi 60% inferior ao valor encontrado nas AURs.

Considerando a instituição de Reserva Legal (RL) em regime coletivo entre as propriedades rurais, as mesmas apresentaram remanescentes florestais suficientes para atender os requisitos legais de RL, entretanto, com a consolidação das áreas, parte dos fragmentos florestais perdeu a obrigatoriedade de ser computada no cálculo de percentual da RL. Uma alternativa interessante para os imóveis que detinham área de RL inferior a 20% do imóvel é a recomposição através de sistema agroflorestal.

## REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; GOMES, K. E.; DENARDIN, R. B. N.; MACHADO, L. A. Z.; MARASCHIN, G. E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 779-786, 1998.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, 25 mai. 2012.
- BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, 15 set. 1965.
- COSTA, T. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, M. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 281-295, 2013.
- FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da Mata Ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.
- FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- GRIPP JUNIOR, J.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOUZA, A. L.; GLERIANI, J. M. Aplicação da geotecnologia no estudo de cadastro técnico rural e no mapeamento de áreas de preservação permanente e reservas legais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 459-468, 2010.
- MOREIRA, A. A. **Mapeamento de áreas de preservação permanente e dos conflitos de uso da terra em propriedade rurais**. 2009. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.
- OLIVEIRA, G. C.; FERNANDES FILHO, E. I. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. p. 4443-4450.
- OLIVEIRA, M. J. **Proposta metodológica para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linha de cumeada**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

OLIVEIRA, F. S.; SOARES, V. P.; PEZZOPANE, J. E. M.; GLERIANI, J. M.; LIMA, G. S.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, M. A. S. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 32, p. 899-908, 2008.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. R. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 25, p. 675-681, 2001.

SANTOS, F. J.; KLAMT, E. Gestão agroecológica de microbacias hidrográficas através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto – caso Fazenda Pantanoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1785-1792, 2004.

SANTOS, P. A. **Avaliação do padrão de exatidão cartográfica em imagens Ikonos e Cbers-2B na bacia do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG**. 2008. 41 f. Monografia (Engenharia de Agrimensura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de Reserva Legal em imóveis rurais. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 555-561, 2011b.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M.; GRIPP JÚNIOR, J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 555-563, 2011a.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, J. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Avaliação das áreas de uso indevido da terra em uma micro-bacia no município de Viçosa, MG, através de fotografias aéreas e Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 243-251, 2002.

SNYDER, M. N.; GOETZ, S. J.; WRIGHT, R. K. Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: Impervious area, forest buffers and landscape configuration. **Journal of the American Resources Association**, v. 41, n. 3, p. 659-677, 2005.

## ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM MICROBACIA DA ZONA DA MATA MIENIRA

### RESUMO

Com este trabalho objetivou-se identificar as áreas prioritárias para restauração florestal na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, visando primordialmente à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Foram analisados cenários com diferentes graus de risco, através da Média Ponderada Ordenada (MPO) para os fatores: fragmentos florestais existentes, fragmentos com maiores áreas nucleares, distância das áreas legalmente protegidas (Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Uso Restrito), distância da área urbana, distância das estradas, tipo do solo (vulnerabilidade à erosão) e posição geográfica na paisagem. Foram utilizadas duas metodologias para determinar as áreas prioritárias nos mapas finais. Na forma tradicional, foi feita uma hierarquização das células com intervalos fixos de pontuação dos critérios, de forma a selecionar as áreas com classes de prioridade alta e muito alta. A outra forma de seleção das áreas consideradas prioritárias foi obtida a partir da análise gráfica do histograma acumulado das pontuações. Pelo método tradicional, a MPO de Baixo Risco apresentou-se como a melhor opção de cenário para áreas prioritárias de restauração, resultando em maiores considerações de pastagem nas áreas prioritárias e favorecendo as classes prioritárias dos fatores analisados, gerando uma área de 316,2 ha a ser restaurada. Pela análise gráfica do histograma acumulado, a MPO de Risco Baixo foi considerada o melhor cenário, pela maior proporção destas em áreas de pastagem e boa distribuição das áreas mais importantes de cada fator considerado, resultando em 199,5 ha a ser restaurado. Comparando os dois cenários melhores avaliados de cada método, nota-se uma consideração mais eficiente das classes prioritárias dos fatores no método do histograma acumulado. A definição do mapa de prioridade a ser executada na restauração deve ser realizada a partir da consideração da disponibilidade financeira e da viabilidade operacional do projeto.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informações Geográficas (SIG), análise multicritério, fragmentos florestais.

## **PRIORITARY AREAS FOR FOREST RESTORATION IN A WATERSHED FROM THE MINAS FOREST AREA**

### **ABSTRACT**

This paper aimed at identifying the priority areas for forest restoration in the catchment basin of the São Bartolomeu, aiming primarily at the conservation of water resources and biodiversity. The analysis was made in scenarios with different risk levels through the Ordered Weighted Average (OWA) for the factors: existing forest fragments, fragments with greater nuclear areas, distance from the legally protected areas (Permanent Preservation Areas and Restricted Use Areas), distance from the urban area, distance from the roads, type of soil (vulnerability to erosion) and geographic position in the landscape. Two methodologies were used to determine the priority areas in the final maps. In a traditional form, there was a ranking of cells with fixed intervals of criteria score so that the areas with high and very high priority classes can be selected. The other form of selection of areas considered priority was obtained from the graphic analysis of the cumulative histogram of the scores. Through the traditional method, the low risk OWA showed to be the best option of scenario for the priority restoration areas, resulting in bigger considerations of pastures in the priority areas and favoring the priority classes of the analyzed factors, generating an area of 316.2 ha to be restored. Through the graphic analysis of the cumulative histogram, the Low risk OWA was considered the best scenario due to the greater proportion of these in pasture areas and good distribution of the most important areas of each considered factor, resulting in 199.5 ha to be restored. Comparing the best evaluated scenarios of each method, you can see a more efficient consideration of the priority classes of the factors in the cumulative histogram method. The definition of the priority map to be executed in the restoration must be done through the consideration of financial availability and operational viability of the project.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS), Multi-criteria analysis forest fragments.

## INTRODUÇÃO

Devido à crescente urbanização e à expansão agrícola, a quantidade de áreas destinadas à conservação da vegetação natural está cada vez menos disponível. A perda de cobertura florestal tem impactos significativos sobre a qualidade e a regularidade da vazão, o fluxo gênico entre os fragmentos florestais, o microclima e a conservação do solo.

Dos recursos naturais terrestres, a água é o que vem sofrendo uma das maiores pressões na atualidade. Entre as ameaças à qualidade da água, tanto superficial como subterrânea, destaca-se a poluição difusa, resultante, principalmente, do uso agrícola inadequado dos solos (VETORAZZI, 2006). Ainda segundo o autor, a substituição da cobertura original do solo por culturas agrícolas, aliada à práticas de manejo inadequadas, altera as relações entre escoamento superficial e infiltração da água das chuvas, resultando em erosão do solo e carreamento aos canais de drenagem de quantidades acima do normal de sedimentos.

Para uma adequada oferta de água visando ao abastecimento da população, mantendo vazão excedente para a manutenção da função ecológica, é primordial o planejamento adequado do uso e cobertura do solo, dentre outros fatores. A restauração florestal em pequenas bacias hidrográficas tem sido apontada como uma das soluções mais sustentáveis para a questão da produção de água de boa qualidade (BORGES et al., 2005; LIMA & ZAKIA, 2000; SANTOS et al., 2007).

Ações conservacionistas são estratégicas para a redução dos custos de tratamento da água. Entretanto, os escassos recursos financeiros destinados à conservação dos recursos naturais e da biodiversidade exigem a realização de um exercício de estabelecimento de prioridades (MARGULES & PRESSEY, 2000; SARKAR et al., 2002; WILLIAMS et al., 2002), exigindo planejamento cuidadoso que aponte áreas prioritárias para o investimento de recursos em reflorestamento (VETORAZZI, 2006).

A abordagem multicriterial é uma das técnicas empregadas para a tomada de decisão, e a sua integração com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foi um avanço significativo em relação ao procedimento convencional de cruzamento de planos de informação para a priorização de áreas (EASTMAN, 2001; MALCZEWSKI, 2004).

Na análise multicritério, a decisão é suportada pela consideração de critérios que servem como normas para encontrar as melhores alternativas, representando condições possíveis de quantificar ou avaliar contribuindo para a tomada de decisão. Os critérios podem ser de dois tipos: restrições e fatores. As restrições estão fundamentadas em critérios booleanos que cerceiam ou limitam a análise a regiões geográficas específicas. Elas diferenciam áreas aptas das não aptas. Os fatores são critérios que realçam ou diminuem a adequação de uma alternativa específica para uma atividade em consideração. Normalmente essa aptidão é medida em uma escala contínua.

Nos estudos que envolvam apenas análise booleana, todos os critérios são combinados com a utilização de operadores lógicos de interseção e união (AND e OR, respectivamente), gerando um resultado e/ou mapa booleano. Na técnica de combinação ponderada, todos os critérios são normalizados de acordo com uma escala e agregados a partir de conjuntos de pesos. Na combinação ponderada existem as técnicas de Combinação Linear Ponderada (CLP) e a Média Ponderada Ordenada (MPO) (JIANG & EASTMAN, 2000).

A definição de limites rígidos para os critérios faz com que a análise booleana gere resultados incertos nas áreas de fronteira. Já na análise de combinação ponderada, é usual a utilização de técnicas *fuzzy*, que tem como objetivo a indefinição de fronteiras entre as classes, além da normalização dos vários critérios em uma mesma escala. A técnica *fuzzy* pode reduzir significativamente a propagação de erros relacionados a um limite do critério (CALIJURI, et al., 2007; BURROUGH, 1992). Segundo Burrough (1992), os limites desenhados em mapas temáticos (como solo, vegetação, ou geologia) raramente são precisos, além disso, representar as suas fronteiras como linhas finas muitas vezes não traduz adequadamente as suas características.

Valente & Vetorazzi (2005) compararam dois métodos da Abordagem Multicriterial em ambiente SIG, a Combinação Linear Ponderada (CLP) e a Média Ponderada Ordenada (MPO), visando à definição de áreas prioritárias para conservação florestal resultando que a MPO proporcionou melhor definição de áreas prioritárias. Couto et al. (2010), para a identificação de áreas prioritárias para conservação, consideraram o melhor cenário o que priorizou as áreas de vegetação remanescente com elevada porcentagem de ambientes ripários, valorizando a vizinhança e a conectividade entre elas.

A análise multicritério aplicada com tecnologia SIG tem sido usada por vários setores que lidam com a questão ambiental como importante instrumento para o

planejamento. Segundo Donha et al. (2006), a avaliação integrada de um grande número de variáveis se torna possível e simplificada com o uso deste sistema, permitindo a rápida geração de informações intermediárias e finais, além da inclusão de variáveis anteriormente não pensadas, visto que possibilita novas interações a qualquer momento. Sendo considerado um processo que combina e transforma dados espaciais em mapas finais para a tomada de decisão, as regras de decisão são definidas pelas relações entre os dados de entrada e os mapas finais (MALCZEWSKI, 2004).

Sartori et al. (2012), visando definir as áreas prioritárias para favorecer a conectividade entre os fragmentos florestais por meio de ações de restauração florestal, utilizou o Método da Combinação Linear Ponderada, em ambiente SIG, tendo empregado como fatores a proximidade entre fragmentos de maior área nuclear, a proximidade de áreas com cobertura florestal, a proximidade à rede hidrográfica; a distância dos centros urbanos; a erodibilidade dos solos e a declividade do terreno. Os autores concluíram que, uma vez que fragmentos com maiores áreas nucleares sejam conectados com fragmentos pequenos, sendo estes predominantes na paisagem, promoverão a formação de fragmentos maiores a partir da formação de corredores florestais e da recomposição da vegetação.

Em análises de fragilidade na bacia do ribeirão São Bartolomeu, SILVA (2010) observou grande foco de áreas de alta fragilidade na região sul, acompanhado de focos pequenos distribuídos. Ao verificar o foco com grande quantidade de áreas frágeis, ficou evidente a concentração de pocilgas, suinoculturas, lagoa de tratamento, currais, barramentos, granjas, culturas anuais e plantação de café, além de uma pequena área urbana.

No município de Viçosa, o relevo é caracterizado por topografia acidentada, situação que tem se agravado com a ocupação desordenada do solo. Atualmente, o ribeirão São Bartolomeu é o responsável por grande parte do abastecimento de água da cidade, que apresenta, segundo o IBGE (2010), uma população de 72.220 habitantes. Para suprir a necessidade diária de água pela população da cidade, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) faz a captação e tratamento de água pelo ETA I, abastecendo cerca de 70% da população do município no período chuvoso e 30% no período seco (PSA, 2009). Com esse trabalho objetivou-se identificar, por meio de análise multicritério, as áreas mais importantes para restauração florestal visando à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, através de dois métodos para classificação das áreas prioritárias.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Elaboração do mapa de fatores**

Os mapas de fatores tiveram por base os seguintes planos de informação: áreas legalmente protegidas (Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Uso Restrito), tipo do solo (vulnerabilidade à erosão), fragmentos florestais, compartimentos da paisagem, fragmentos com maior área nuclear, área urbana e estradas. Também a partir dos planos de informação foi gerado o mapa de restrições, que é uma "máscara" booleana, que possui como função permitir a exclusão de determinadas áreas de consideração na análise, sendo considerados como restrições os fragmentos florestais existentes, a área urbana e as estradas.

### **Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Áreas de Uso Restrito (AUR)**

As áreas legalmente protegidas consideradas para o estudo foram as APPs e AURs, sendo observados os parâmetros dispostos no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). O total de APPs foi obtido pela soma de todas as categorias de APP com ocorrência dentro da área, sendo elas: margens de corpos d'água e de reservatórios artificiais e entorno de nascentes e encostas com mais de 45° de declive. As AURs foram delimitadas pelas declividades compreendidas entre 25° e 45°.

Para elaboração desse mapa de fator, produziu-se o mapa de distância das APPs e das AURs, separadamente, sendo cada mapa normalizado (escala 0-255) com uma função sigmoïdal decrescente. Desse modo, obtiveram-se para os valores iguais e/ou próximos a 255 as menores distâncias, refletindo a prioridade em relação à proximidade do local até as áreas protegidas por APP e AUR. Posteriormente, foi realizada análise multicritério, com compensação total, pela combinação dos mapas normalizados, considerando 0,7 o peso das APPs de 0,3 das AURs.

### **Proximidade entre fragmentos florestais**

O plano de informação de fragmentos florestais foi obtido a partir do mapa de uso e ocupação do solo, elaborado por Moreira (2009) a partir da classificação visual da

imagem do satélite Ikonos II, de outubro de 2007, georreferenciada e ortorretificada com exatidão planimétrica Classe A para a escala de 1:10.000 (SANTOS, 2008) (Figura 3). A classificação resultou em nove categorias de uso do solo: culturas anuais, área urbana, benfeitoria, café, floresta nativa, floresta plantada, hidrografia, pastagem e vias de acesso.

A partir do plano de informação, gerou-se um mapa com distâncias entre os fragmentos. Esse mapa foi normalizado (escala 0 a 255 bytes) com função linear decrescente, de modo que quanto mais próximo à cobertura florestal, maior a importância (prioridade) da distância, sendo que os maiores valores (ex.: 255 bytes) estão associados aos fragmentos de floresta nativa. Considerou-se que áreas próximas à vegetação nativa são mais adequadas à recomposição, pelo fato de aumentar a continuidade da vegetação natural, melhorando as métricas da paisagem e aumentando assim as possibilidades de troca genética e movimentação da fauna local.

### **Proximidade entre fragmentos de maior área nuclear**

Este plano de informação contém a distância a partir dos fragmentos com área nucleares com dimensão superior a 5 ha. Este tamanho foi considerado mínimo pela potencialidade de formação de fragmentos de maior estabilidade com áreas nucleares significativas. Esse fator é importante por favorecer a união entre os fragmentos de maior área nuclear. Para o cálculo da área central, considerou-se borda de 62 m para cada fragmento de mata, por ser o valor médio do intervalo obtido por Lemos (2008), que definiu o efeito de borda de fragmentos em região próxima à bacia estudada entre 50 e 75 m. Utilizou-se função sigmoideal decrescente para a normalização dos dados.

Fragmentos com maiores áreas nucleares e com melhor métrica de proximidade compõem a classe de maior prioridade no mapa final, por favorecerem a conectividade entre os fragmentos florestais e serem mais efetivos para a conservação da biodiversidade, de acordo com Noss et al. (1997). Eles são, ainda segundo Geneletti (2004), os componentes básicos da estrutura de paisagem que visa manter a integridade de sua cobertura florestal natural.

### **Compartimentos da paisagem com menor ocupação florestal**

Para a identificação da representatividade florestal na paisagem, foram analisadas a compartimentação do relevo em relação à geomorfologia e às faces de

exposição. Para a obtenção da compartimentação geomorfológica, os atributos considerados foram a declividade, a curvatura, o escoamento superficial acumulado e a distância euclidiana dos cursos d'água, por meio do *software* ArcGIS 10.1. Utilizou-se o método desenvolvido por Sarcinelli et al. (2012) para segmentação automática das formas de relevo em compartimentos geomorfológicos, sendo os limites das variáveis ajustados em função das especificidades da região estudada. Nesse processo, combinaram-se atributos topográficos para a obtenção da identificação de quatro unidades geomorfológicas: topos de morros, planícies fluviais e terraços, encostas côncavas e encostas convexas.

A representatividade dos usos do solo nas diversas faces de exposição foi analisada a partir do mapa dos resultados obtidos em graus com notação específica para cada classe: plana (< 3% de declividade); Norte (0 – 45° e 315 – 360°); Leste (45 – 135°); Sul (135 – 225°); e Oeste (225 – 315°). Convencionou-se considerar planas as mesmas áreas assim classificadas anteriormente (declividade inferior a 3%, ou 10,8°), pelo fato de sofrerem menor influência da face de exposição.

Foi gerada uma tabela de contingência com o número de células, que cada classe das variáveis analisadas ocupa em cada classe de uso do solo presente na bacia, na qual foi possível verificar o quanto a frequência absoluta observada de uma variável diferia significativamente da distribuição de frequência absoluta esperada. Dessa forma, os compartimentos foram analisados quanto à representatividade na paisagem e foram atribuídos maiores prioridades de restauração florestal nos locais com menor ocorrência. Os mapas de representatividade geomorfológica e de faces de exposição foram combinados por uma Média Ponderada Ordenada, com compensação total e pesos iguais, a fim de se tornarem um único fator a ser considerado na análise multicritério. Desta forma, foi dada maior prioridade à locais com baixa ocupação florestal.

### **Distância de área urbana**

A interferência humana em áreas de florestas é facilitada pela proximidade destas à áreas urbanizadas, desfavorecendo a conservação dos remanescentes florestais e expondo-os a perturbações como incêndios, presença de animais domésticos, caça, desmatamento e expansão urbana (SARTORI et al., 2012; VALENTE, 2005).

As distâncias aos centros urbanos foram determinadas tendo por referência o mapa de uso e ocupação do solo. Foi empregada função linear crescente para sua

normalização, pois quanto mais próximo à área urbana, menor a importância do local para a conservação.

### **Distância das estradas**

As estradas e rodovias foram obtidas a partir do mapa de uso e ocupação do solo, sendo normalizado (escala 0-255 bytes) com função sigmoideal crescente. A proximidade dos fragmentos florestais às malhas viárias é, segundo Geneletti (2004), uma causa direta (redução da área total do ecossistema) e indireta (fragmentação e degradação do ecossistema) da redução de habitats. Desta forma, do mesmo modo que para as áreas urbanas, quanto mais próxima às estradas, menor a importância da área para conservação.

### **Tipo de solo (vulnerabilidade à erosão)**

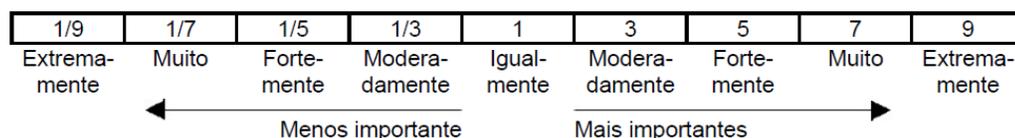
Por meio deste fator foi dada maior prioridade aos solos com maior vulnerabilidade à erosão. Sendo mais suscetíveis à erosão, possuem maior potencial de danos aos recursos hídricos, seja qualitativa ou quantitativamente. A classificação dos solos foi obtida da adaptação do mapa gerado pelo PSA (2009), na qual se incluiu os Argissolos, resultando em quatro classes de solos: Latossolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelo e Gleissolos. O mapa foi normalizado considerando os resultados de Silva (2010), gerados pela metodologia Delphi, onde um conjunto de especialistas apresenta opinião qualificada para a resolução de problemas. Dentre as classes de solos apresentadas no trabalho de Silva (2010), foram incluídos os Gleissolos, mas que apresentam mínima importância para a restauração florestal, visto que se localizam predominantemente na calha do curso d'água. A classificação final das classes de solos resultou nas seguintes pontuações: Cambissolos: 255; Latossolos: 156; Argissolos: 78 e Gleissolos: 0.

### **Análise multicritério pela Média Ponderada Ordenada (MPO)**

Para o mapeamento das áreas prioritárias para a restauração florestal com a avaliação multicriterial, empregou-se o método da Média Ponderada Ordenada (MPO) em ambiente SIG (IDRISI Taiga). Esse método teve sua conceituação matemática estabelecida por Yager (1988) e envolve a aplicação de dois grupos de pesos: os de

fatores e os de ordenação. O primeiro grupo de pesos relaciona-se à importância do fator no processo de tomada de decisão e o segundo controla a maneira pela qual os pesos de fatores serão agregados, além de permitir a determinação do nível de compensação entre os fatores e o risco assumido no processo de tomada de decisão.

Para determinar o peso dos fatores, utilizou-se o Método da Comparação Pareada, proposto por Saaty (1977) no contexto do Processo Hierárquico Analítico, na qual é realizada comparação pareada entre fatores para determinar a importância relativa de cada um deles (EASTMAN, 2001). Assim, os fatores foram comparados, dois a dois, utilizando-se como referência a escala contínua de nove pontos (Figura 3) e classificando-os segundo a importância relativa entre eles. Os pesos dos fatores e a prioridade dos respectivos fatores estão representados na matriz de comparação pareada (Tabela 2).



**Figura 3** - Escala fundamental de Saaty (SAATY, 1977).

**Tabela 2** - Matriz de comparação pareada dos fatores empregados para análise de priorização da restauração na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa, MG

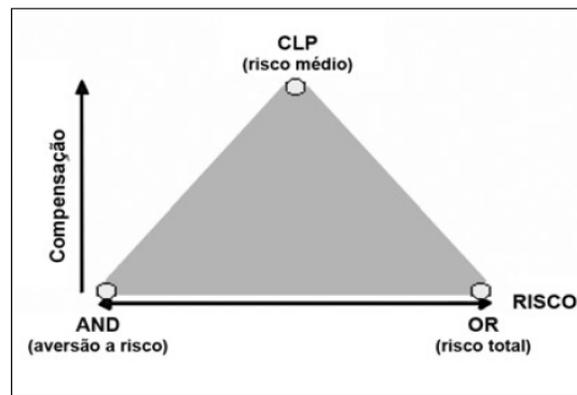
Fator	DAU	DE	S	AP	CF	DMAN	DFE	Peso do fator
DAU	1							0,0211
DE	3	1						0,0353
S	9	7	1					0,3154
AP	9	7	1	1				0,3154
CF	7	3	1/5	1/5	1			0,1116
DMAN	5	5	1/5	1/5	1/3	1		0,0746
DFE	5	5	1/3	1/3	1	3	1	0,1265
Taxa de consistência (TC) = 0,07								1,0000

Em que: DAU = Distância da Área Urbana; DE = Distância das Estradas; S = Solos; AP = Área Protegida; CF = Compartimentação Fisiográfica; DMAN = Distância entre as Maiores Áreas Nucleares; DFE = Distância entre os Fragmentos Florestais.

O maior peso foi estabelecido para a proximidade das áreas protegidas por lei, seguido das classes de solos, da proximidade entre os fragmentos florestais, da compartimentação fisiográfica, da proximidade entre as maiores áreas nucleares, da

distância de estradas e da distância de áreas urbanas. A Taxa de Consistência (TC) obtida para a matriz foi de 0,07, o que, segundo Saaty (1980), indica que os valores de comparação entre os fatores não foram gerados aleatoriamente, não havendo a necessidade de reorganização da matriz, por meio da alteração dos valores de comparação entre fatores.

Para a combinação dos mapas de fatores por meio da Média Ponderada Ordenada foi necessária, ainda, a definição dos pesos de ordenação dos fatores, que controlam a maneira como os fatores são agregados e o nível de compensação entre eles (MALCZEWSKI, 2004). Esses pesos de ordenação foram determinados dentro do espaço de estratégia de decisão (Figura 4).



**Figura 4** - Espaço de estratégia para a tomada de decisão (Adaptada de Eastman, 2001).

Os parâmetros  $ANDness$ ,  $ORness$  e compensação foram obtidos pelas Equações 1 a 3 (Jiang & Eastman, 2000):

$$ANDness = \frac{1}{n-1} \sum [(n-1)W_i] \quad (1)$$

$$ORness = 1 - ANDness \quad (2)$$

$$Compensação = 1 - \sqrt{\frac{\sum \left( W_i - \frac{1}{n} \right)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Em que:

$n$  = número total de fatores;

$i$  = ordem do fator;

$W$  = peso de ordenação do fator.

Para a definição dos pesos de ordenação, foi estabelecido o grau de influência dos fatores na geração do mapa final de áreas prioritárias. Para tal, fez-se a atribuição de todo o peso de ordenação, isto é, o valor um, a cada uma das sete posições equivalentes aos sete fatores. Assim, atribuindo-se o valor um à posição um e o valor zero às demais posições, a semelhança do mapa final gerado com um dos fatores indicou qual o fator que deveria ocupar aquela posição e, assim, sucessivamente. A posição um indica o fator com menor influência sobre o resultado final e a posição sete indica o fator com maior influência sobre o resultado final.

Estabelecida a ordem de grau de influência dos fatores, passa-se à atribuição dos pesos de ordenação a cada fator. Na determinação dos pesos de ordenação foi considerado o risco assumido no processo de tomada de decisão, determinado a partir da fórmula de ANDness. Considerou-se a caracterização dos níveis de risco da forma apresentada na Tabela 3. Foram analisados três cenários de acordo com o risco e compensação dos fatores, sendo eles: Risco Médio, Alto Risco e Baixo Risco (Tabela 4).

**Tabela 3** - Risco assumido para a escolha do cenário

Intervalo de risco	Risco assumido
0,00 – 0,20	Muito Alto
0,20- 0,40	Alto
0,40 – 0,60	Médio
0,60 – 0,8	Baixo
0,8 – 1,0	Muito Baixo

**Tabela 4** - Pesos de ordenação obtidos para a análise multicritério na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Fator	Peso de ordenação		
	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
Distância da área urbana	0,2487	0,1429	0,0593
Distância da estrada	0,2144	0,1429	0,0844
Solos	0,1644	0,1429	0,1044
Área protegida	0,1244	0,1429	0,1244
Compartimentação fisiográfica	0,1044	0,1429	0,1644
Distância entre as maiores áreas nucleares	0,0844	0,1429	0,2144
Distância entre fragmentos florestais	0,0593	0,1429	0,2487
Risco	0,6480	0,5000	0,3520
Trade-off	0,8039	1,0000	0,8039

No caso do cenário envolvendo Risco Médio e compensação total entre fatores, todos recebem o mesmo peso. Para o cenário de Risco Baixo, os pesos foram atribuídos de maneira que os maiores valores são destinados aos fatores com menor influência sobre o mapa final. Assim, os fatores com maior influência sobre o resultado final recebem os menores pesos de ordenação, significando baixa taxa de compensação. No cenário de Alto Risco, os maiores pesos de ordenação são atribuídos aos fatores de maior influência.

### **Classificação das áreas prioritárias e comparação das simulações de cenários de restauração florestal**

Foi realizada comparação dos cenários de priorização de restauração por duas metodologias distintas. Na primeira, foram definidas cinco classes de prioridades: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. O intervalo de classe foi determinado a partir da avaliação da frequência das pontuações considerando intervalos iguais. As classes significam o nível de importância e prioridade, em que as classes Muito Alta e Alta foram consideradas como prioritárias para a restauração florestal.

Na segunda metodologia, foi realizada a análise gráfica do histograma para cada um dos cenários, a partir da frequência acumulada das pontuações. Caracterizou-se o ponto no gráfico no qual o aumento da pontuação não representou aumentos significativos em área, significando o início de mudança de tendência. Assim, foram classificados como prioritários os locais com pontuações acima do ponto de inflexão das frequências acumuladas.

As análises comparativas foram efetuadas com base na conectividade dos fragmentos florestais, no acréscimo de cobertura florestal, na distribuição dos usos do solo nas áreas a serem restauradas e na quantificação de classes prioritárias dos fatores em cada um dos cenários. Dessa forma, foram definidos os cenários mais coerentes de cada método.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise segundo intervalos iguais

Na análise dos cenários gerados para priorizar a restauração florestal foi possível notar que o cenário de Risco Médio apresentou grande quantidade de áreas com prioridades de conservação Média e Alta e praticamente nenhuma área com prioridade Muito Baixa, como pode ser observado na Tabela 5 e na Figura 5. Pela Figura 5 é possível notar a distribuição espacial das classes de prioritárias nesse cenário.

**Tabela 5** - Áreas prioritárias para restauração florestal segundo a Média Ponderada Ordenada, com análise em intervalos fixos, nos diferentes cenários de risco na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

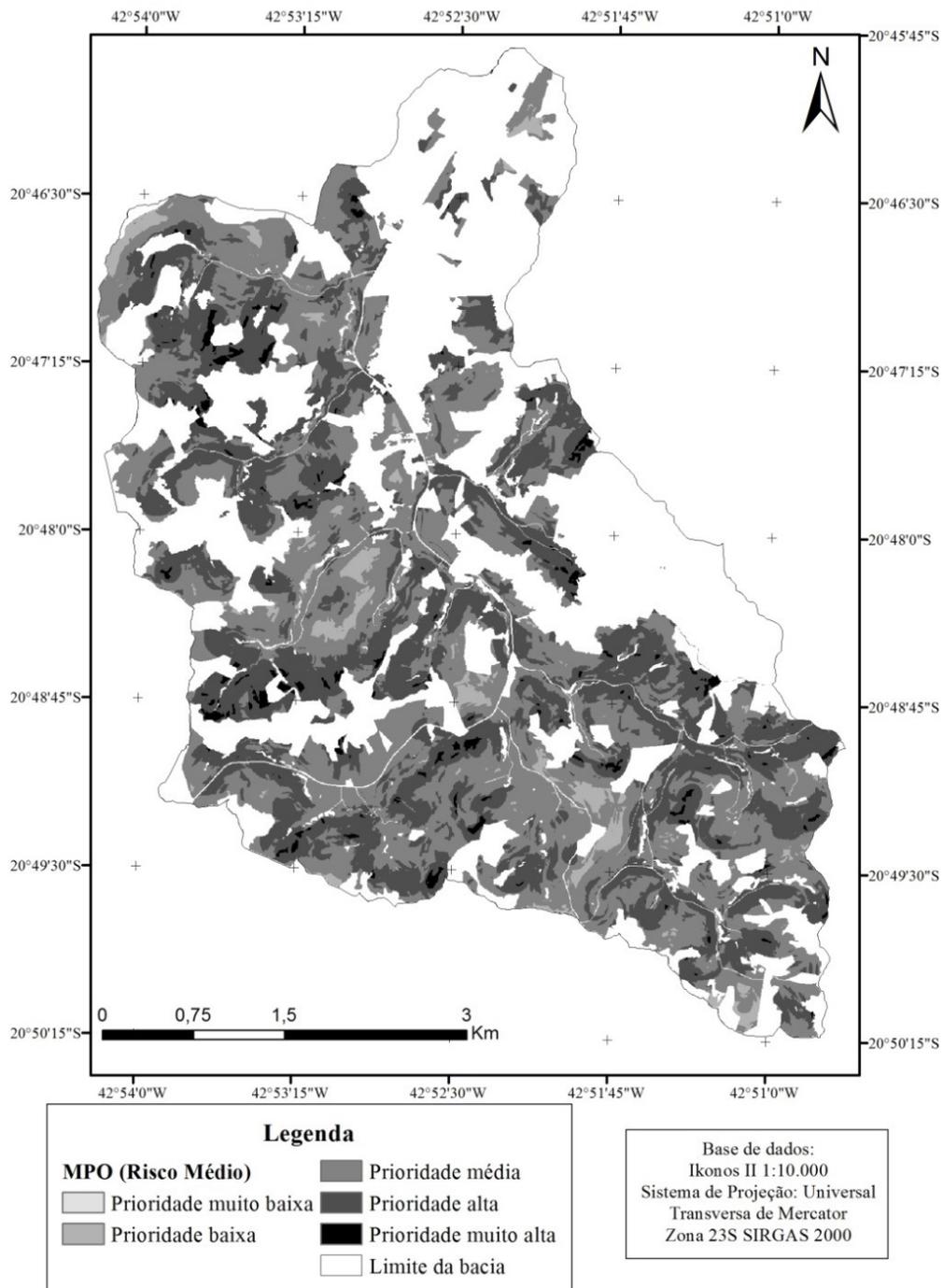
Nível de prioridade	Risco Baixo		Risco Médio		Risco Alto	
	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas
Muito baixo	4,72	0,27	0,02	0,00	0,00	0,00
Baixo	358,13	20,50	62,52	3,58	2,92	0,17
Médio	1066,13	61,03	911,82	52,20	631,05	36,13
Alto	310,75	17,79	737,64	42,23	1041,26	59,61
Muito alto	7,05	0,40	34,79	1,99	71,55	4,10

No mapa referente ao método da MPO com Alto Risco (Figura 6), a distribuição das categorias apresentou comportamento similar ao do Risco Médio, contudo houve grande quantidade de áreas consideradas de prioridade Alta e Muito Alta (Figura 6 e Tabela 4). Tal fato é devido à forma de classificação em intervalos iguais das pontuações para gerar o mapa de áreas prioritárias, em que os pesos de ordenação mais altos estão associados aos fatores de maiores influências, resultando em maior cobertura das maiores classes de prioridade.

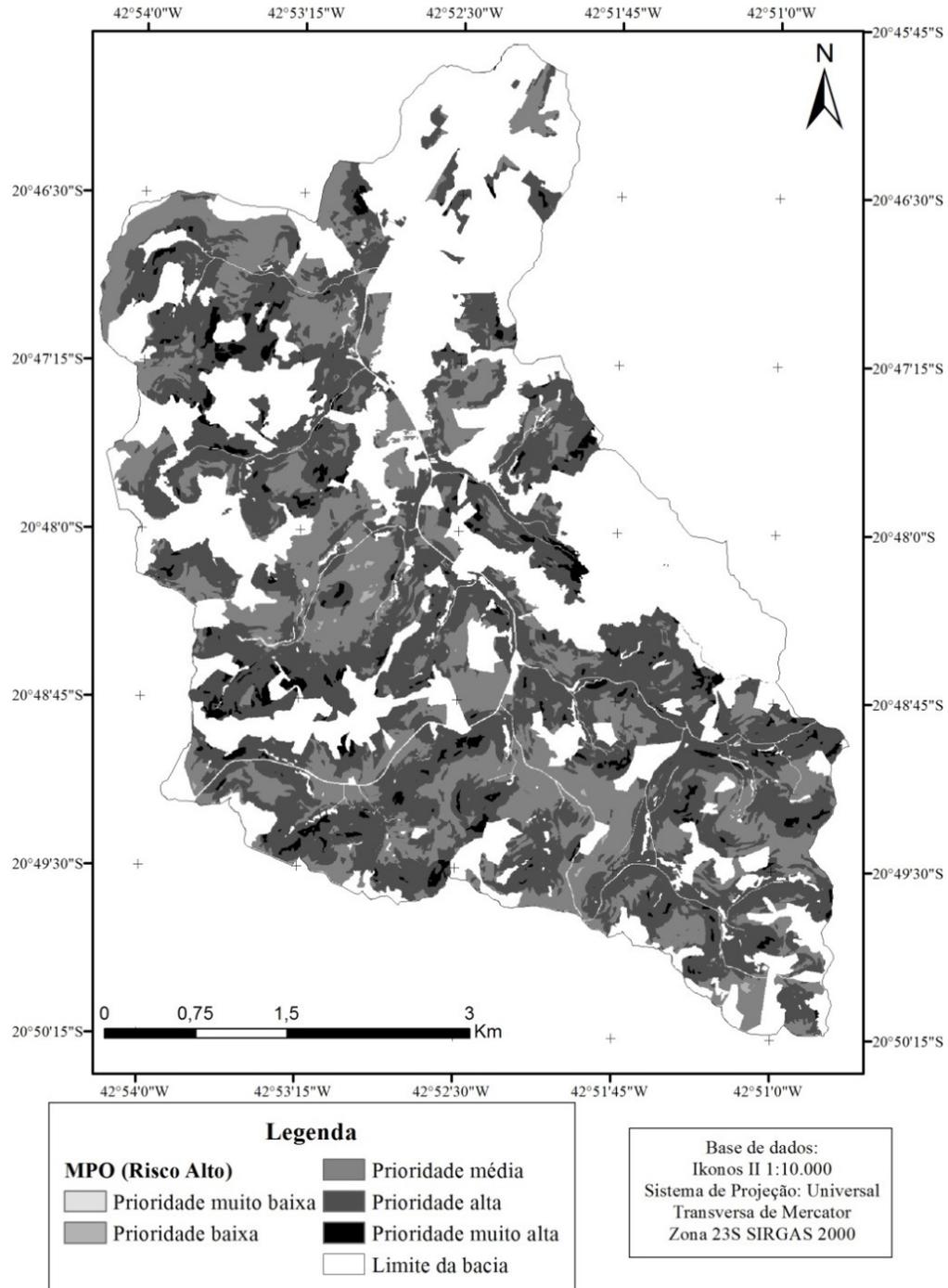
No cenário com Baixo Risco houve a maior quantidade de área nas classes de prioridade Baixa e Média (Figura 7 e Tabela 4). Nesse cenário, os maiores pesos de ordenação são atribuídos aos fatores de menor influência, fazendo que com estes apresentem maior possibilidade de compensação.

A caracterização ambiental dos cenários, após o cruzamento dos mapas finais de prioridade e o mapa de uso e ocupação do solo, resultou em diferentes distribuições segundo o cenário analisado (Tabela 6). A pastagem foi predominante nas áreas prioritárias em todos os cenários e, no cenário de Risco Baixo, apresentou a maior

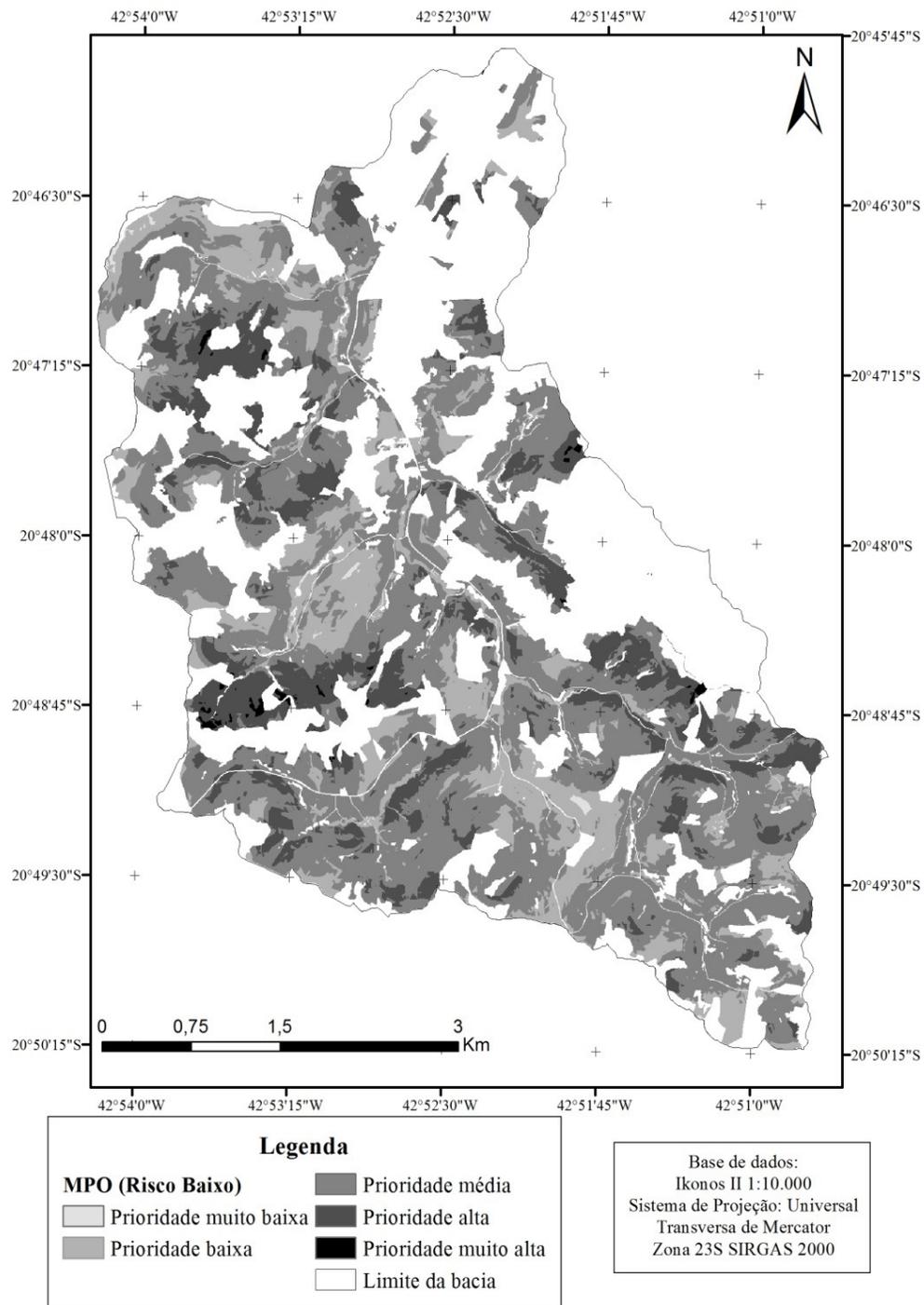
quantidade relativa de pastagem na área de análise. Os locais de ocorrência desse uso são considerados interessantes como áreas prioritárias para a restauração florestal devido à sua predominância na área de estudo, acrescida da situação de degradação que algumas áreas de pastagem apresentam. Já no cenário de Risco Alto, as culturas anuais e as benfeitorias apresentaram maiores áreas absolutas e relativas. No cenário de Risco Médio, o cafezal apresentou maior proporção nas áreas prioritárias, mas este uso foi superior em termos absolutos no cenário de Risco Alto. Também nesse cenário, o plantio de eucalipto abrangeu menos proporção de área a ser priorizada na restauração florestal.



**Figura 5** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal, segundo o cenário de Risco Médio com intervalos fixos, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.



**Figura 6** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal visando à conservação dos recursos hídricos, segundo o cenário de Alto Risco com intervalos fixos, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.



**Figura 7** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal, segundo o cenário de Baixo Risco com intervalos fixos, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

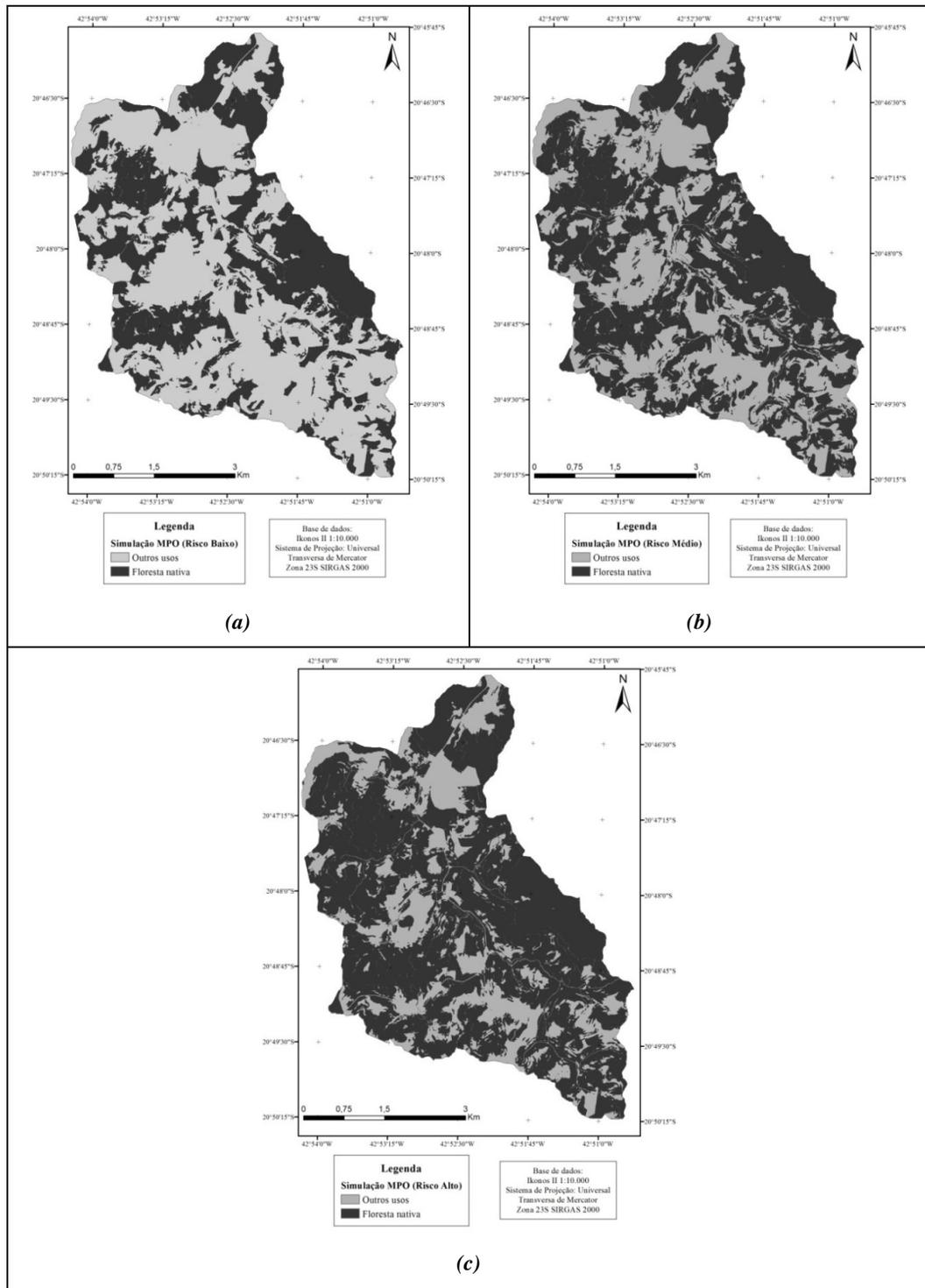
**Tabela 6** - Distribuição dos usos do solo nos diferentes cenários de priorização da restauração florestal, pela definição das áreas prioritárias com intervalos fixos de pontuações, para a área da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Uso	Risco Baixo		Risco Médio		Risco Alto	
	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas
Estradas	-	-	-	-	-	-
Culturas anuais	28,19	8,87	86,34	11,18	133,25	11,97
Área urbana	-	-	-	-	-	-
Benfeitoria	3,08	0,97	14,09	1,82	22,36	2,01
Café	27,53	8,66	89,03	11,53	121,93	10,96
Floresta nativa	-	-	-	-	-	-
Floresta plantada	14,59	4,59	30,32	3,93	49,22	4,42
Hidrografia	-	-	-	-	-	-
Pastagem	244,41	76,91	552,65	71,55	786,05	70,64
<b>Total</b>	<b>317,80</b>		<b>772,43</b>		<b>1112,81</b>	

É possível notar que o cenário de Baixo Risco resultou em menor quantidade de áreas consideradas aptas para restauração florestal, seguido do cenário de Risco Médio e Risco Alto, respectivamente. Considerando aos valores absolutos, o cenário de Risco Alto apresentou aproximadamente 1112,8 ha de área prioritária para restauração, valor este 30% superior ao cenário de Risco Médio e 71% superior ao cenário de Risco Baixo. Assim, segundo Nossack (2012), têm-se o cenário de menor risco como estratégia menos onerosa e mais conservadora e o cenário de maior risco como estratégia menos conservadora ou de ação máxima, visto que mais áreas seriam restauradas.

A seleção de áreas de prioridade Alta e Muito Alta permitiu a conexão de uma ou mais áreas contíguas, notadamente nos cenários de Risco Médio e Alto, favorecendo a formação de corredores ecológicos. A Figura 8 detalha como a paisagem da bacia se transformaria após a implantação de ações de restauração florestal nos diferentes cenários de priorização.

Nas Tabelas 7 a 9 são apresentadas a relação das características das áreas prioritárias considerando os cenários avaliados. Observa-se, inicialmente, coerência entre os resultados obtidos com o que foi proposto na definição dos pesos dos fatores e de ordenação. Nota-se predominância de áreas próximas às APPs, às AURs e aos fragmentos florestais em geral, assim como às áreas de Cambissolos, à face oeste e às encostas da bacia.



**Figura 8** - Cenários simulados de restauração dos fragmentos florestais em áreas prioritárias, segundo o método de intervalos fixos (a: cenário de Baixo Risco; b: cenário de Risco Médio; c: cenário de Risco Alto) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

**Tabela 7 -** Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Baixo Risco nas diferentes categorias dos planos de informação, segundo o método de intervalos fixos, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	32,94	51,59	4,15	16,11	1,02	0,28	38,09	13,43	4,92
2	35,85	26,57	13,93	29,90	2,22	39,87	35,63	13,80	7,02
3	20,59	13,22	-	24,02	38,48	16,96	15,38	17,25	14,54
4	8,03	4,96	81,92	16,24	58,28	5,93	3,23	20,85	9,82
5	1,53	2,40		8,58		36,97	3,90	19,45	4,65
6	0,21	0,79		3,19			0,93	10,56	17,82
7	0,30	0,46		1,72			0,72	3,74	16,49
8	0,17	0,01		0,25			1,41	0,73	10,43
9	0,29						0,44	0,19	10,56
10	0,08						0,28		1,92
11									1,55
12									0,28

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 10: vide anexo I.

**Tabela 8 -** Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Risco Médio nas categorias dos planos de informação, segundo o método de intervalos fixos, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	38,31	45,11	16,94	16,06	0,72	0,96	29,21	24,89	5,67
2	33,43	27,30	9,92	27,75	6,70	35,88	27,46	21,67	8,27
3	17,95	15,83	0,18	21,28	34,88	20,04	14,73	17,38	12,18
4	6,21	6,52	72,97	15,80	57,71	9,97	8,49	14,69	10,02
5	1,79	3,19		8,88		33,16	7,28	11,56	7,55
6	0,86	1,46		5,07			3,26	6,64	12,69
7	0,79	0,55		3,07			4,47	2,44	10,70
8	0,39	0,04		1,36			3,44	0,52	10,78
9	0,24			0,36			1,00	0,21	12,13
10	0,03			0,37			0,67		4,87
11									4,25
12									0,89

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 12: vide anexo I.

**Tabela 9** - Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Risco Alto nas categorias dos planos de informação, segundo o método de intervalos fixos, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	38,48	37,91	23,00	17,87	1,52	2,20	30,15	27,39	7,09
2	28,14	25,10	7,23	28,50	10,83	33,26	24,75	21,91	8,37
3	15,68	18,23	2,64	19,48	32,37	20,14	14,53	16,91	11,65
4	7,12	9,82	67,13	13,93	55,29	13,05	8,65	13,52	9,67
5	4,05	5,15		8,42		31,35	7,48	10,31	7,57
6	3,17	2,63		5,25			3,52	6,19	12,11
7	2,04	0,99		3,41			5,37	2,90	10,34
8	0,90	0,16		1,85			3,58	0,54	10,76
9	0,32			0,76			1,26	0,32	11,59
10	0,10			0,54			0,72		5,42
11	0,01								4,25
12									1,16

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 12: vide anexo I.

As menores classes das APPs e AURs, ou seja, os locais mais próximos às áreas protegidas, apresentaram grandes quantidades de área definida nos mapas finais de prioridades de restauração florestal. As quantidades relativas de APPs nessas classes foram bastante similares nos cenários. Contudo, no cenário de Risco Médio (Tabela 8), a proporção de área das menores classes de APPs foi mais elevada, cerca de 8% superior ao cenário de Risco Alto (Tabela 9), considerando as classes 1 e 2 de prioridade. Já as classes prioritárias das AURs apresentaram-se maiores no cenário de Risco Baixo (Tabela 7). As APPs e AURs foram consideradas de grande importância nas análises, devido ao alto peso de fator definido para as áreas protegidas, por compreender áreas próximas aos cursos d'água e encostas com declividade acima de 25%. O fator de proximidade da rede hidrográfica é utilizado em diversos trabalhos visando à restauração florestal (VETORAZZI, 2006; DRAGAN et al., 2003; SARTORI et al., 2012). No presente trabalho, o fator proximidade da rede hidrográfica encontra-se embutido nas APPs de cursos d'água. Segundo Kageyama & Gandara (2004), as matas ciliares são elementos de extrema importância para a manutenção da biodiversidade, formando corredores ecológicos que compõem uma integração de toda a bacia hidrográfica. Lima (2005) comenta a importância da proteção adequada das zonas

ripárias, contribuindo para aumentar a resiliência da bacia, diminuindo a sua vulnerabilidade à perturbações.

As classes de solos consideradas como prioritárias para restauração foram os Cambissolos e Latossolos, visto serem considerados mais importantes para a conservação dos recursos hídricos. Os Latossolos ocorrem em maior quantidade na área de estudo, resultando em grandes quantidades nas áreas prioritárias, além de sua pontuação ter sido elevada para a análise multicriterial. No cenário de Risco Baixo (Tabela 7), houve a maior presença de Cambissolos nas áreas classificadas como prioritárias.

No cenário de Risco Médio (Tabela 8), a predominância dos fatores de maiores pesos não foi tão nítida quanto à observada por Vetorazzi (2006), talvez pelo fato dos fatores solos e área protegida apresentarem certo antagonismo, uma vez que a área protegida é compreendida principalmente por margens dos cursos d'água, enquanto as classes de solos prioritárias englobam áreas de Cambissolos e Latossolos, locais geralmente diferentes daqueles predominantes nas áreas protegidas, onde predominam os Argissolos. Também a compartimentação fisiográfica, no mapa geomorfológico, apresentou extensões significativas de áreas prioritárias para restauração em terraços, visto que os fragmentos florestais ocorrem de forma menor que o esperado nesses locais, onde nota-se predominância de Argissolos e APPs ciliares. De forma geral, esse cenário não apresentou boa distribuição das áreas prioritárias para restauração nas classes mais relevantes de cada critério.

Observa-se grande predomínio das classes com menores distâncias euclidianas dos fragmentos florestais em todos cenários. Entretanto, no cenário de Risco Baixo a proporção relativa às menores classes (com menores distâncias dos fragmentos florestais) foi notadamente superior aos demais cenários. De acordo com Turner & Gardner (1990), a distância entre os fragmentos de uma paisagem contribui para a caracterização de sua configuração espacial e fornece indicativo sobre seu nível de fragmentação florestal.

Na compartimentação geomorfológica, nota-se que as encostas côncavas e convexas representaram a maior quantidade de área considerada de grande importância na restauração florestal. As encostas são bastante suscetíveis à erosão em função da declividade e, conseqüentemente, do escoamento superficial, entretanto, segundo Gallant & Wilson (2000), nas encostas côncavas a força erosiva é maior. Encostas com declividade acima de 45% são também consideradas nas APPs, mas possuem dimensões

pouco expressivas em relação à paisagem (0,2% da área total – Artigo 2). As áreas de terraços, embora com grande pontuação no fator, apresentaram-se pouco expressivas nos cenários, provavelmente devido à sua baixa abrangência na paisagem. Isto também pode ter sido influenciado pela sobreposição com as áreas planas da compartimentação de faces de exposição, com importância relativamente baixa, e às menores pontuações desses locais pelo fator distância das estradas.

As faces de exposição oeste e norte, no cenário de Risco Baixo, apresentaram-se com maior proporção de ocorrência nas áreas prioritárias. A existência de floresta em tais áreas pode presumir maior ocorrência de evapotranspiração potencial, entretanto promovem redução de 73 a 86% sobre a quantidade de radiação de onda curta incidente (LIMA, 2008), promovendo uma diminuição da temperatura nas áreas próximas às florestas. Em longo prazo, espera-se uma melhoria em outros aspectos do sistema hidrológico, através da maior infiltração e percolação da água no solo, fazendo com que este se torne mais eficiente na conservação da água. Além disso, segundo resultados do Artigo 1, as áreas de floresta nativa foram menos representativas na face norte e oeste, o que pode resultar em perdas de espécies florestais que necessitam de maior incidência de radiação solar e são mais adaptadas a ambientes mais secos.

No cenário de Baixo Risco houve maior predominância das menores classes no fator de proximidade dos fragmentos florestais com maiores áreas nucleares, ou seja, houve um maior favorecimento dos locais mais próximos aos fragmentos com áreas nucleares superiores a 5 ha. Fragmentos com maiores áreas nucleares e conectados são melhores para a conservação da biodiversidade, de acordo com Noss et al. (1997). A área nuclear de um fragmento de floresta é, segundo McGarigal & Marks (1995), um indicativo melhor de sua qualidade do que sua área total.

As classes de maior prioridade dos fatores de distância das estradas e da área urbana não apresentaram grande proporção de áreas prioritárias, verificando a pouca relevância destes critérios na análise realizada. A distância em relação às estradas no cenário de Baixo Risco apresentou grande quantidade de áreas prioritárias nas classes centrais, entretanto apresentou também maior proporção de áreas localizadas nas classes mais distantes das estradas em relação aos demais cenários. Já nos cenários de Risco Médio e Alto, esse fator apresentou tendência inversa ao esperado, devido à maior influência de outros fatores de maior peso e, no cenário mais arriscado, também ao baixo peso de compensação.

A distância à área urbana, embora não sendo representadas por maiores áreas de prioridade nos locais mais distantes da área urbana, teve no cenário de Risco Alto as maiores quantidades relativas nessas classes. Na manutenção da biodiversidade e sucesso das ações de conservação florestal é interessante que sejam priorizadas as áreas mais distantes dos centros urbanos por estarem mais preservados das ações antrópicas (VALENTE, 2005), por perturbações como incêndios, animais domésticos, caça, desmatamento e novos assentamentos urbanos e industriais (SARTORI et al., 2012).

De forma geral, o cenário de Baixo Risco apresentou-se como a melhor alternativa, devido ao favorecimento da compensação entre os fatores pela atribuição dos maiores pesos de ordenação nos primeiros fatores na ordem de ranqueamento. Tal fato pode ser verificado pelas maiores proporções das classes de maiores prioridades em cada um dos fatores, tais como classes de solos, distância das AURs, distância entre os fragmentos, geomorfologia, face de exposição, proximidade à área nuclear, distância das estradas.

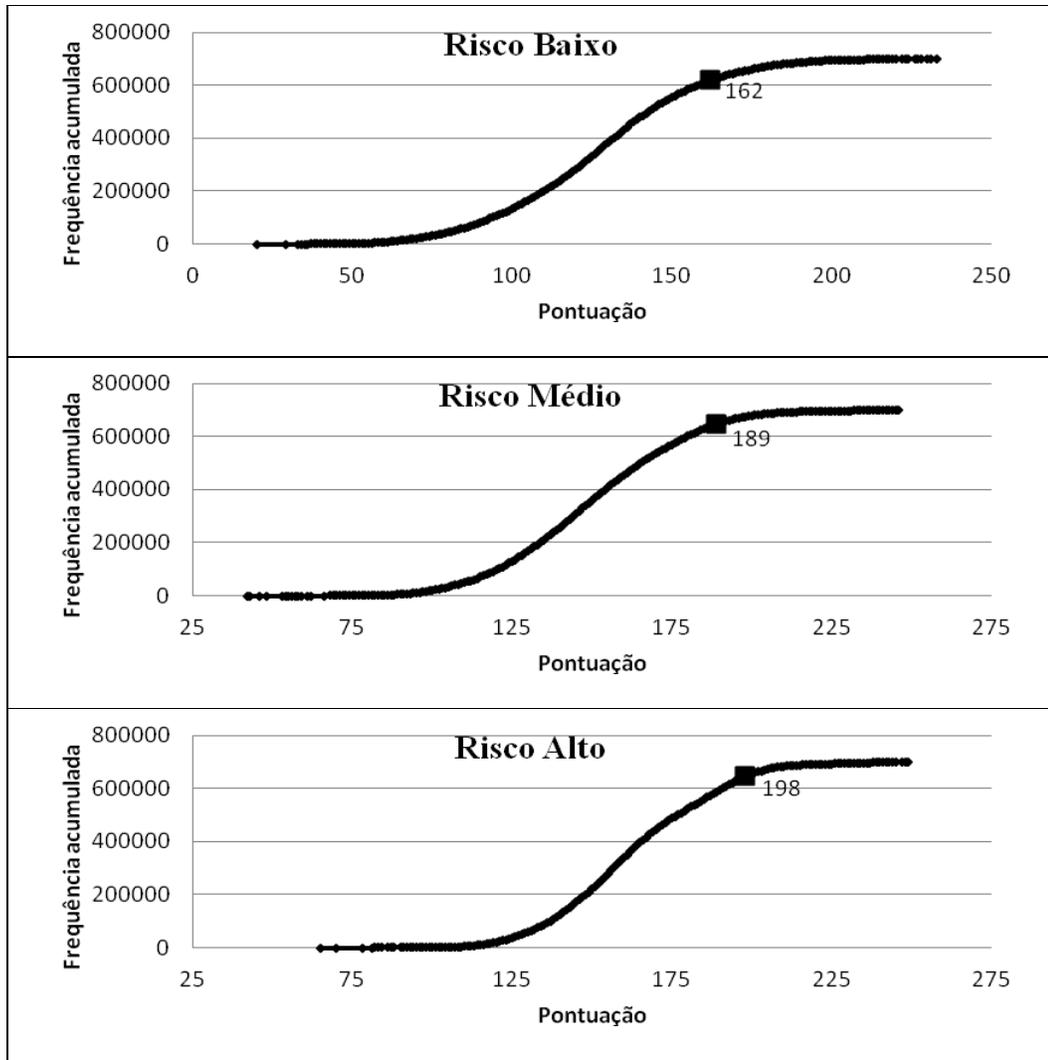
### **Análise do histograma acumulado**

A partir do histograma acumulado, estabeleceu-se o ponto de inflexão para cada cenário, representando as áreas prioritárias. Nota-se pela Tabela 10, que o Risco Baixo apresentou as menores quantidades de áreas prioritárias para recomposição, seguido dos cenários de Alto e Médio Risco, respectivamente.

**Tabela 10** - Áreas prioritárias para restauração florestal segundo a Média Ponderada Ordenada, com análise do histograma acumulado, nos diferentes cenários de risco na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Nível de prioridade	Alto Risco		Risco Médio		Baixo Risco	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Nível alto	145,10	8,31	126,81	7,26	199,52	11,42

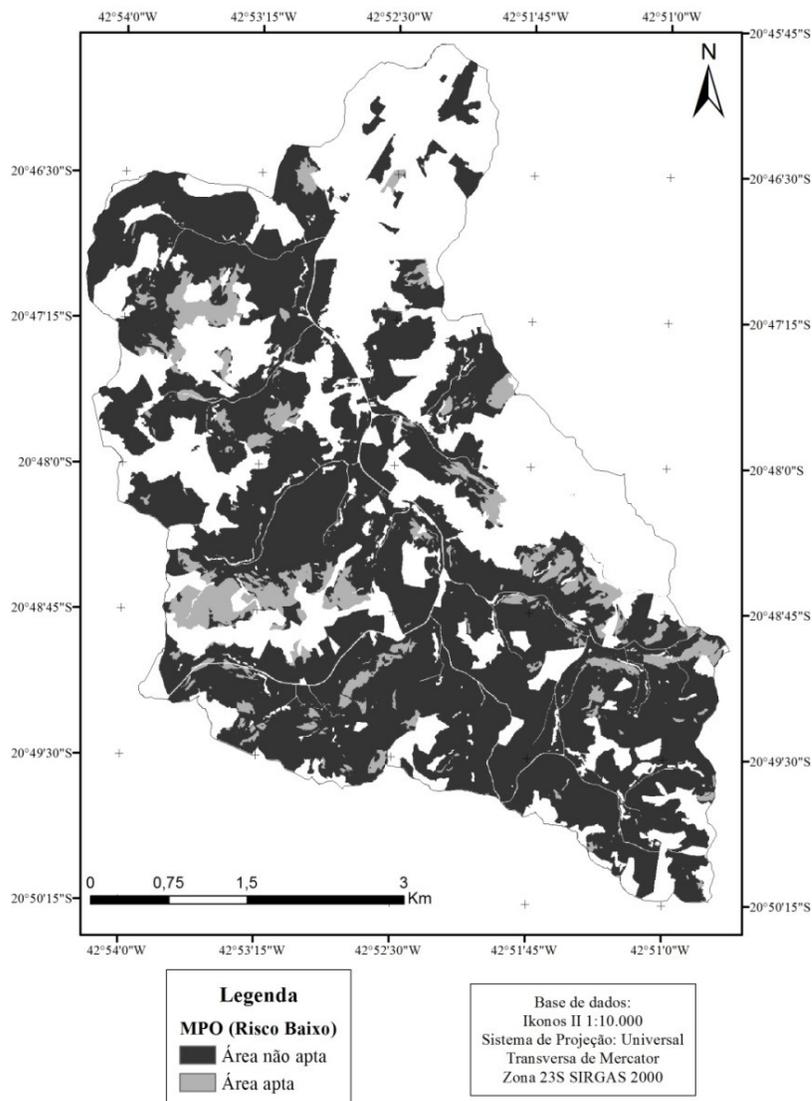
Pela análise dos histogramas acumulados (Figura 9), é possível notar que o cenário de Baixo Risco apresenta pontuações iniciais mais baixas e uma tendência de estabilização em menores pontuações, com *score* de 162. Já os cenários de Risco Médio e Alto apresentam valores iniciais maiores, resultando em tendências de estabilização mais elevadas, com pontuações de 189 e 198, respectivamente.



**Figura 9** - Histogramas acumulados dos cenários de Risco Baixo, Médio e Alto, segundo o método de intervalos fixos, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

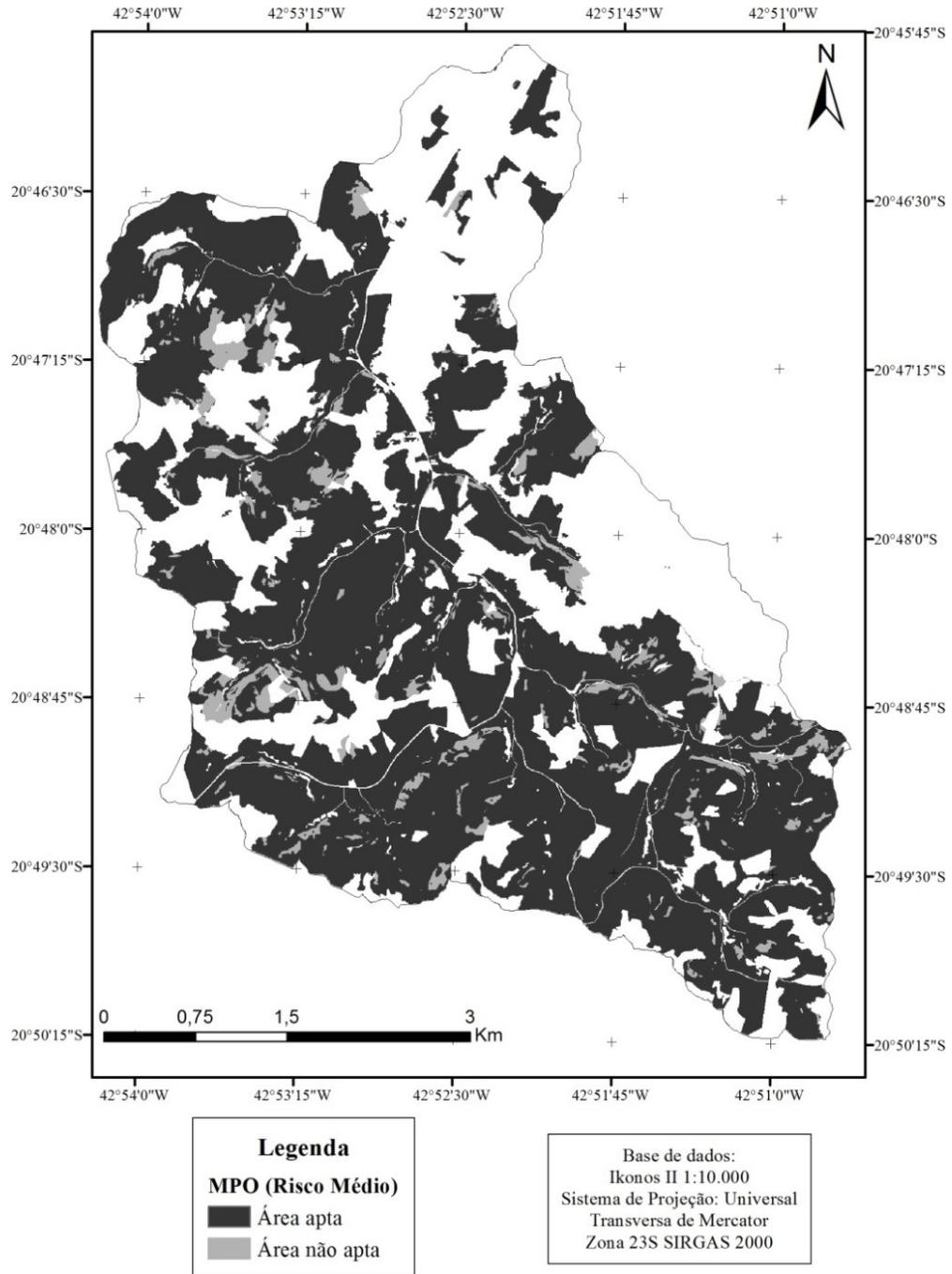
A Figura 10 mostra a distribuição espacial das áreas prioritárias à restauração florestal no cenário de Risco Baixo, segundo o método do histograma acumulado, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu.

No cenário com Baixo Risco, houve maior quantidade de áreas classificadas como prioritárias, devido à maior quantidade de *pixels* com pontuação acima da tendência à estabilização. Para Vetorazzi (2006), o cenário de Baixo Risco é o mais coerente, uma vez que a atribuição dos maiores pesos de ordenação é dada aos fatores com menor influência sobre a espacialização das classes no mapa final, favorecendo a melhor compensação entre fatores.

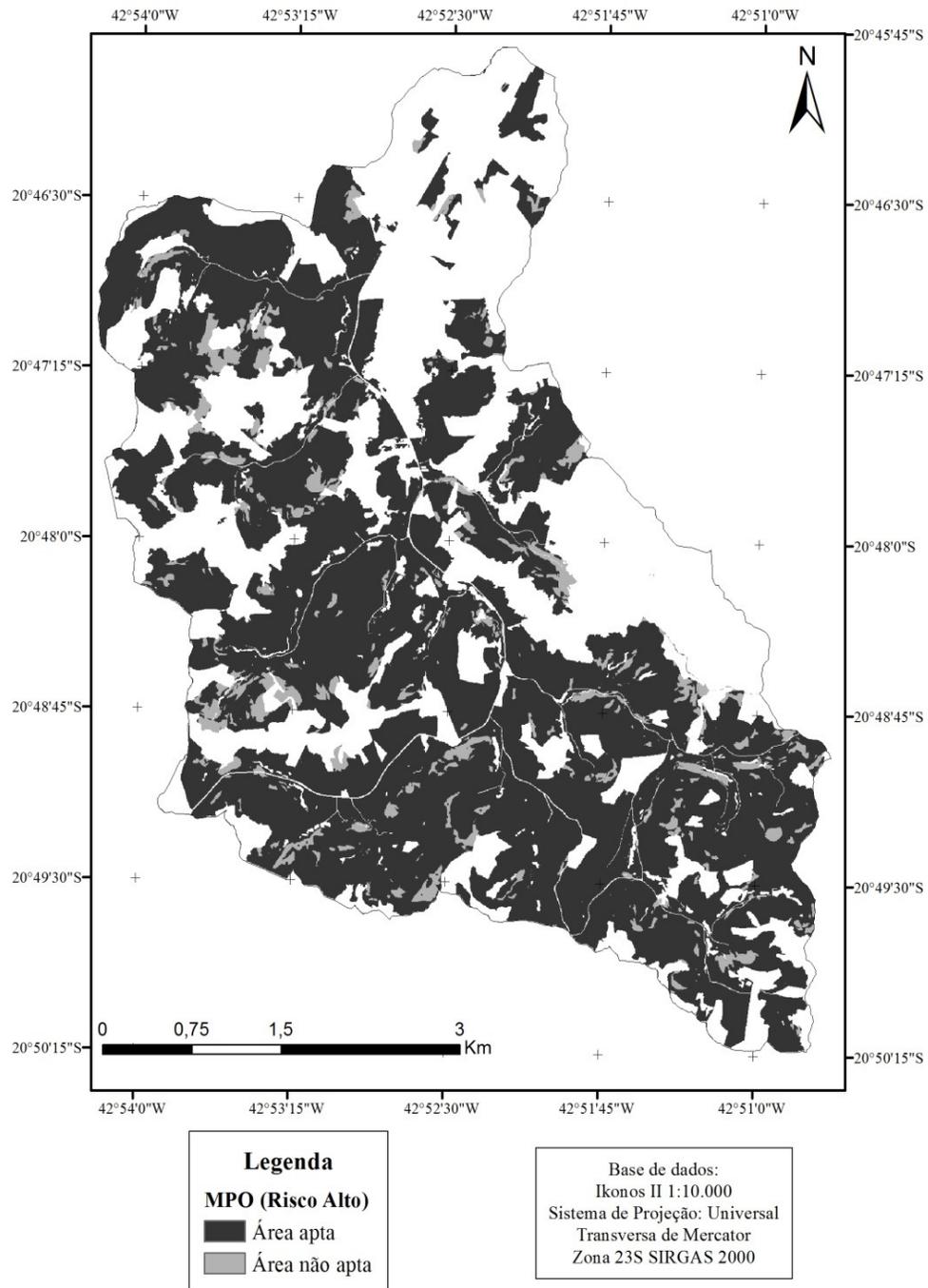


**Figura 10** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal, segundo o cenário de Baixo Risco com o histograma acumulado, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Nos mapas referentes ao método da MPO com Risco Médio e Alto (Figura 11 e 12), a distribuição das áreas prioritárias apresentou comportamento similar com pequenas variações nas manchas. As alterações de áreas classificadas como prioritárias entre os três cenários não foi muito expressiva em relação ao método de intervalos fixos. Jiang & Eastman (2000) citam que os mapas produzidos com a agregação dos fatores por meio da Combinação Linear Ponderada, equivalem aos mapas com Risco Médio, que apresentam compensação total entre os fatores (todos os fatores com igual peso de ordenação), obtidos por meio da Média Ponderada Ordenada.



**Figura 11** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal, segundo o cenário de Risco Médio com o histograma acumulado, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.



**Figura 12** - Identificação de áreas prioritárias para a restauração florestal, segundo o cenário de Alto Risco com o histograma acumulado, na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

Ratificando o grande potencial de conversão da pastagem para floresta nativa, o cenário de Risco Médio apresentou uma proporção ligeiramente superior de áreas prioritárias utilizadas como pastagem (Tabela 11). Em termos absolutos, o cenário de Risco Baixo apresentou-se com a maior quantidade de pastagem nas áreas prioritárias.

**Tabela 11** - Distribuição dos usos do solo nos diferentes cenários de priorização da restauração florestal, pela definição das áreas prioritárias de acordo com histograma acumulado das pontuações, para a área da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Uso	Baixo Risco		Risco Médio		Alto Risco	
	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas	Área (ha)	% em relação às áreas aptas
Estradas	-	-	-	-	-	-
Culturas anuais	14,11	7,07	8,68	6,84	11,70	8,06
Área urbana	-	-	-	-	-	-
Benfeitoria	1,53	0,77	1,24	0,98	2,15	1,48
Café	15,45	7,74	8,24	6,50	11,75	8,10
Floresta nativa	-	-	-	-	-	-
Floresta plantada	8,93	4,48	5,01	3,95	6,82	4,70
Hidrografia	-	-	-	-	-	-
Pastagem	159,50	79,94	103,65	81,74	112,68	77,66
Total	199,52		126,81		145,10	

Uma desvantagem no cenário de Alto Risco é a maior proporção de áreas prioritárias sendo utilizadas pelas culturas anuais, cafezais e benfeitorias, visto a inerente limitação do relevo para o cultivo e a produção de alimentos para o abastecimento da população. A floresta plantada também obteve nesse cenário a maior proporção, implicando em sua possível redução de abrangência na região, que apresenta pouca expressividade de plantios florestais na paisagem e boa aptidão devido à sua topografia. Além disso, a pastagem apresentou-se com menor proporção nas áreas prioritárias.

Considerando a realização da restauração florestal nas áreas prioritárias, observa-se que os acréscimos de áreas com cobertura florestal variaram entre 126,8 a 199,5 ha na bacia de captação. Em todos os cenários, a área a ser restaurada possui valores inferiores a 200 ha, diferindo significativamente das diferenças observadas pelo método tradicional de definição da área a ser considerada prioritária.

Na Figura 13 é mostrado que o cenário de Baixo Risco, embora tenha apresentado a maior quantidade de áreas prioritárias, apresentou-se de forma

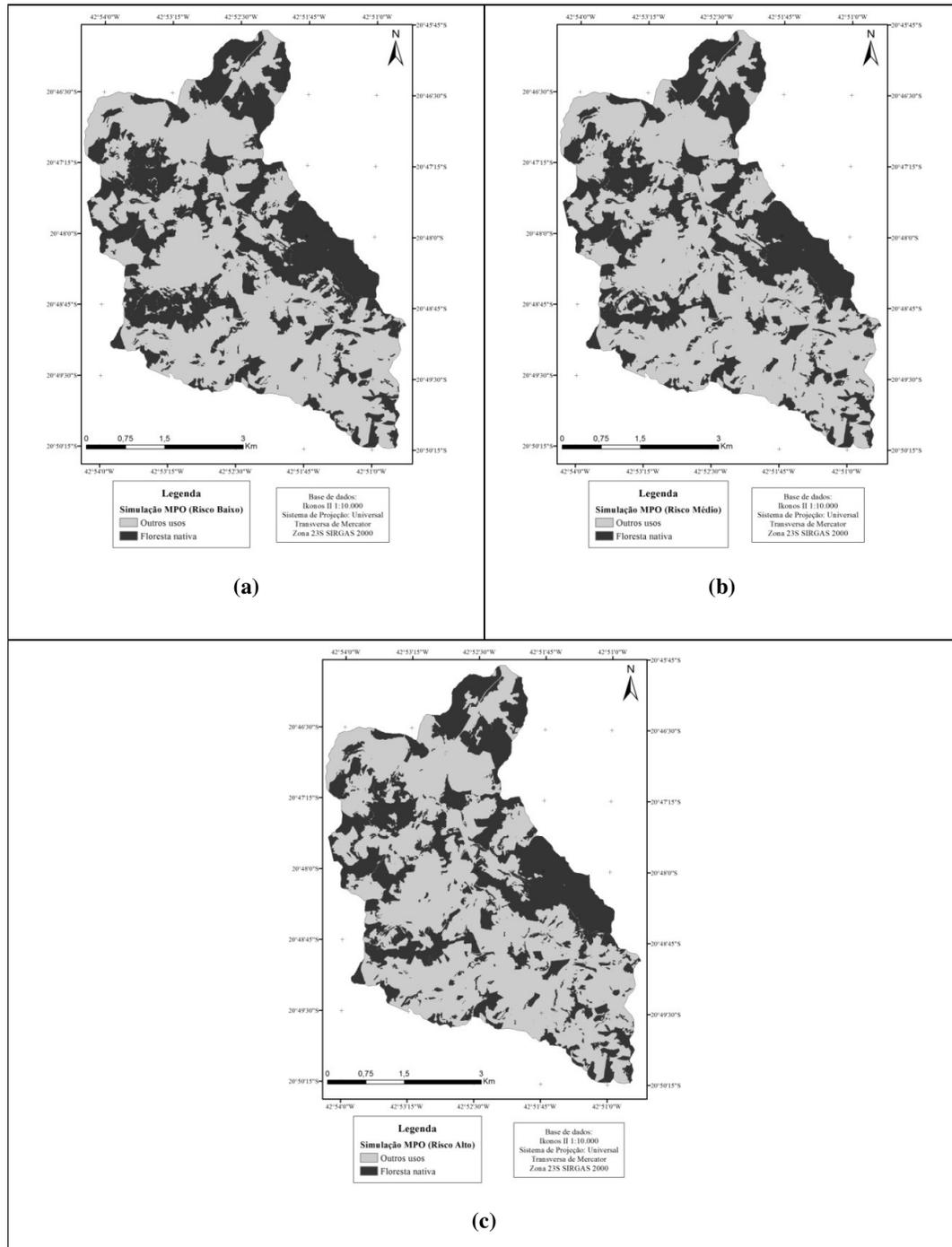
descontínua, fato que resulta em dificuldades na distribuição dos usos do solo e pouca qualidade dos fragmentos florestais, em termos de efeito de borda, fator de forma e área central, aumentando a influência da matriz da paisagem nesses fragmentos. O comportamento das áreas prioritárias nos cenários de Médio e Alto Risco foi bastante similar. O cenário de Risco Médio apresenta total compensação entre os fatores, tornando os pesos dos fatores os únicos que promovem a pontuação final de prioridade de cada local.

É possível notar a forma como foram considerados os fatores nos diferentes cenários através de sua quantificação em cada classe presente nesses fatores (Tabelas 12 a 14). De forma geral, nota-se que os cenários apresentaram coerência em relação ao objetivo da análise multicriterial, com maiores proporções de área nas classes prioritárias dos fatores. No cenário de Risco Baixo (Tabela 12), a distância às estradas e a proximidade aos fragmentos de maiores áreas nucleares, assim como as faces de exposição, apresentaram maior proporção de classes prioritárias.

O Risco Médio (Tabela 13) apresentou maior proporção nos Latossolos e nos Cambissolos, classes de solos consideradas prioritárias para conservação da água, em comparação aos cenários mais arriscados. Também nesse cenário, as áreas mais próximas às APPs e às áreas de encostas foram mais relevantes no resultado final. De forma geral, os cenários de Risco Médio e Baixo apresentaram-se com as melhores distribuições das classes mais relevantes de cada um dos fatores considerados na análise multicriterial.

No Alto Risco (Tabela 14), as áreas mais próximas às AUR's e aos fragmentos florestais predominaram em relação aos demais cenários. Neste cenário obteve-se a maior proporção de áreas ocupadas nas maiores classes da área urbana em relação aos demais cenários, embora seja possível notar uma ordem diferente ao esperado, pois as classes centrais apresentaram maior quantidade de áreas prioritárias.

Nota-se que houve pouca consideração do fator de distância às estradas nos resultados, primeiramente pelo seu baixo peso de fator e também provavelmente provocado pela prevalência dos outros fatores que eram divergentes em localização das áreas de maior relevância, sugerindo ser suprimido nas análises futuras. Mesmo que os fatores de distância à área urbana e às estradas não tenham sido considerados de forma expressiva nas análises, ressalta-se a importância de manter, sempre que possível, as áreas florestais afastadas destas regiões, propiciando matriz de inserção e o distanciamento favorável à conservação das florestas.



**Figura 13** - Cenários simulados de restauração dos fragmentos florestais em áreas prioritárias, segundo o método do histograma acumulado (a: cenário de Baixo Risco; b: cenário de Risco Médio; c: cenário de Risco Alto) na bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.

**Tabela 12** - Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Baixo Risco nas diferentes categorias dos planos de informação, segundo o método do histograma acumulado, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	69,76	108,31	4,37	34,77	2,00	0,33	87,16	19,67	9,70
2	73,00	52,18	32,49	64,22	4,30	77,05	73,29	22,56	13,10
3	38,54	23,94		46,66	77,15	31,76	25,99	31,66	28,51
4	15,42	9,61	162,66	31,58	116,08	8,83	4,44	44,63	17,46
5	2,55	3,85		14,51		81,55	4,52	47,27	6,52
6	0,04	1,31		5,44			1,20	22,84	41,07
7	0,10	0,32		2,23			0,60	8,83	40,50
8	0,09			0,12			1,47	2,07	18,97
9	0,02						0,55		20,19
10							0,31		1,33
11									1,88
12									0,31

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 12: vide anexo I.

**Tabela 13** - Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Risco Médio nas diferentes categorias dos planos de informação, segundo o método do histograma acumulado, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	52,04	71,71	0,09	18,72	0,46	0,07	40,74	15,31	4,80
2	34,71	23,10	30,01	37,10	1,54	37,71	29,79	15,92	9,08
3	10,60	4,97		21,00	40,53	16,17	13,27	17,20	16,09
4	2,43	0,18	69,90	12,75	57,47	4,37	5,36	19,34	10,44
5	0,22	0,05		5,27		41,67	5,47	19,38	3,90
6	0,00	0,00		2,43			2,11	7,82	12,70
7	0,00			1,42			0,97	4,77	17,99
8	0,00			0,93			1,81	0,26	9,39
9	0,00			0,10			0,36		11,30
10				0,28			0,12		1,98
11									2,19
12									0,12

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 12: vide anexo I.

**Tabela 14** - Classificação das áreas prioritárias sob o cenário de Alto Risco nas diferentes categorias dos planos de informação, segundo o método do histograma acumulado, da bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG

Classe	APP	AUR	S	FF	G	FE	AN	E	AU
	%								
1	86,51	115,84	14,38	34,40	0,56	0,91	62,10	26,05	8,49
2	30,29	27,76	52,44	55,33	4,31	57,64	31,67	21,59	11,94
3	14,07	1,50	1,70	25,78	60,29	23,40	16,89	24,59	21,85
4	4,77	0,00	76,59	13,93	79,94	8,38	9,60	26,73	15,17
5	2,56			6,97		54,77	10,58	27,10	6,64
6	2,00			3,76			5,11	10,73	15,02
7	2,48			2,06			3,45	7,25	22,01
8	1,10			1,68			4,73	0,29	15,27
9	1,11			0,33			0,68		17,44
10				0,87			0,31		5,21
11									5,76
12									0,31

Sendo: APP: Áreas de Preservação Permanente; AUR: Áreas de Uso Restrito; S: classes de solos; FF: fragmentos florestais; G: geomorfologia; FE: face de exposição; AN: área nuclear dos fragmentos florestais; E: estradas; AU: área urbana; Classes de 1 a 12: vide anexo I.

Ao realizar a análise gráfica dos histogramas acumulados na classificação das áreas prioritárias, foi possível obter uma seleção de áreas para a bacia estudada onde havia uma mudança de tendência das pontuações obtidas, através da determinação exata do ponto onde os incrementos de pontuação não geravam variações significativas de frequência acumulada. Além disso, determinando esse ponto em cada cenário, foi possível a obtenção de resultados com menores variações de área classificadas como prioritárias, gerando a capacidade de optar pelo cenário através das análises relacionadas ao uso do solo, à conectividade florestal e à maior consideração das classes classificadas como mais importantes de cada critério. Realizando a comparação dos métodos dos intervalos fixos e do histograma acumulado, nota-se que este apresentou proporções de áreas substancialmente superiores nas classes prioritárias dos fatores. Acredita-se que essa metodologia enquadra-se nos contextos ecológicos, econômicos e políticos envolvidos na região de estudo.

A bacia de captação do ribeirão São Bartolomeu, embora considerada de pequena extensão, possui grande importância no abastecimento de água para o município de Viçosa. A expectativa é de que este trabalho, com os ajustes e

aprimoramentos necessários, possa auxiliar no planejamento espacial da paisagem e na escolha de áreas para priorização de ações de restauração, tornando a bacia hidrográfica mais sustentável no que tange à conservação dos recursos hídricos dentro da ótica da manutenção da biodiversidade. A implantação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) pode configurar um instrumento potencializador dos benefícios ambientais em relação aos recursos hídricos. Nesse caso, sugere-se que leve em consideração o presente estudo para que possa nortear a recuperação das regiões mais importantes e o planejamento urbano do município.

A delimitação das áreas prioritárias para restauração florestal nunca deve ser tida como única, mas sim como algo que se adapte ao longo do tempo de acordo com a situação do momento. A partir das mudanças impostas ao meio ambiente, a determinação de áreas prioritárias também deverá mudar, sempre no sentido de expandir as áreas de adequação. A problemática envolvida na determinação efetiva de áreas prioritárias à restauração/recomposição florestal converge à conjuntura política, social e ambiental da sociedade (NOSSACK, 2012).

## CONCLUSÕES

Na análise tradicional, o cenário de Baixo Risco foi considerado a melhor opção para priorização de áreas para restauração por promover uma boa compensação entre os fatores utilizados na análise e por atribuir maiores pesos de ordenação aos fatores de melhor influência. Esse cenário maximizou a restauração florestal nas áreas de pastagem, resultando em acréscimo de 316,2 ha de floresta nativa, gerando boa conectividade entre os fragmentos florestais e favorecendo as classes prioritárias dos fatores utilizados.

Na análise gráfica do histograma acumulado, o cenário de Risco Baixo foi o cenário com maior proporção de áreas de pastagem nas áreas prioritárias e menor proporção dos cultivos agrícolas e florestais, resultando em uma área de 199,5 ha a ser recomposta. Além disso, apresentou boa distribuição das classes prioritárias de cada critério. Tal metodologia apresentou-se eficiente para a delimitação das áreas prioritárias.

Em uma situação de menores recursos para restauração florestal, o cenário de Baixo Risco da análise gráfica do histograma acumulado foi ser a mais indicada, pois apresentou boa distribuição das classes prioritárias de cada critério e a maior conversão

relativa de pastagem. Contudo, a área de floresta nativa a ser restaurada na paisagem não foi tão acentuada, procedendo a indícios modestos de formação de corredores ecológicos.

Em uma situação em que se vislumbre uma maior abrangência de restauração florestal, o cenário de Risco Médio do método de intervalos fixos agrega maior quantidade de áreas a serem restauradas, com conversões de pastagem significativas, além de grande consideração das classes prioritárias em maior parte dos critérios. Contudo, a conectividade dos fragmentos florestais ainda foi considerada incipiente. Com o objetivo de promover uma melhor formação de corredores ecológicos, tem-se no cenário de Risco Médio uma boa alternativa.

Comparando os dois cenários melhores avaliados de cada método, nota-se uma consideração mais eficiente das classes prioritárias dos fatores no método do histograma acumulado. A definição do mapa de prioridade a ser executada na restauração deve ser realizada a partir da consideração da disponibilidade financeira e da viabilidade operacional do projeto.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, M. J.; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 93-103, 2005.
- BURROUGH, P. A. Development of inteligente geographical information system. In: **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 1, p. 1-11, 1992.
- CALIJURI, M. L. et al. Proposta metodológica para geração da carta de fragilidade ambiental, utilizando lógica fuzzy e combinação linear ponderada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Brasil, INPE, p. 3311-3318, 2007.
- COUTO, M. S. D. S.; FERREIRA, L. G.; HALL, B. R.; SILVA, G. J. P.; GARCIA, F. N. Identificação de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e paisagens no estado de Goiás: métodos e cenários no contexto da bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 62, p. 125-135, 2010.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.

- DRAGAN, M.; FEOLI, E.; FERNETTI, M.; ZERIHUN, W. Application of a spatial decision support system (SDSS) to reduce soil erosion in northern Ethiopia. **Environmental Modelling & Software**, v. 18, n. 10, p. 861-868, 2003.
- EASTMAN, J. R. **Decision support: decision strategy analysis**. Idrisi 32 release 2: Guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University, 2001. v. 2, 22 p.
- GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 51-85.
- GENELETTI, D. A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. **Land Use Policy**, v. 21, p. 149-160, 2004.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- JIANG, H.; EASTMAN, J.R. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 14, n. 2, p. 173-184, 2000.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de Áreas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; FILHO, H. F. L. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. EdUSP, São Paulo, 2004.
- LEMOS, P. H. D. **Efeito de borda no componente arbóreo de um fragmento de floresta decídua, Viçosa, MG**. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- LIMA, W. P. Floresta natural protege e estabiliza recursos hídricos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 30-33, 2005.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. 2000. **Hidrologia de Matas Ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. Matas Ciliares: conservação e recuperação. São Paulo, EDUSP/Editora da Universidade de São Paulo. 2000. p. 33-44.
- MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, v. 62, p. 3-65, 2004.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, p. 243-253, 2000.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland (OR): USDA Forest Service, Pacific Northwest Research station; General Technical Report PNW-GTR-351, 1995.
- MOREIRA, A. A. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente e dos conflitos de uso da terra em propriedade rurais**. 2009. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

NOSS, R. F.; O'CONNEL, M. A.; MURPHY, D. D. **The science of conservation of planning: habit-based conservation under the endangered species.** Washington DC: Act. Island Press, 1997. 154 p.

NOSSACK, F. A. **Planejamento da recomposição florestal pela análise multicriterial na sub-bacia do córrego do Descalvado visando a conservação de recursos hídricos.** 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2012.

NOSS, R. F.; O'CONNEL, M. A.; MURPHY, D. D. **The science of conservation of planning: habit-based conservation under the endangered species.** Washington DC: Act. Island Press, 1997. 154 p.

PSA. **Relatório de implantação do Plano de Segurança da Água.** Projeto Piloto Brasil - PSA/UFV-Município de Viçosa – Minas Gerais, Brasil, 2009. 151 p.

SANTOS, A. P.; ROCHA, S. F.; ABREU, M. V. S.; CALIJURI, M. L., SANTOS, P. M. O uso da análise multicritério no mapeamento da fragilidade social da área urbanizada do município de Viçosa – MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 64, p. 635-643, 2012.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-940, 2007.

SANTOS, P. A. **Avaliação do padrão de exatidão cartográfica em imagens Ikonos e CBERS-2B na bacia do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG.** 2008. 41 f. Monografia (Engenharia de Agrimensura) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

SARCINELLI, T. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARCO JÚNIOR, M.; LEITE, F. P. Representatividade fisiográfica e pedológica de fragmentos de floresta nativa em áreas de plantios homogêneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 499-509, 2012.

SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais.** 98 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2010.

SARKAR, S.; AGGARWAL, A.; GARSON, J.; MARGULES, C. R.; ZEIDLER, J. Place prioritization for biodiversity content. **Journal of Biosciences**, v. 27, p. 339-346, 2002.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; ZIMBACK, C. L. Z. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1079-1090, 2012.

SAATY, T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Psychology**, v. 15, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. **The analytic hierarchy process.** New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.

SILVA, C. H. C. **Identificação de fragilidades ambientais na bacia do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG, utilizando análise multicritério.** 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M.; GRIPP JR., J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 555-563, 2011.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, SP, 2005.

VALENTE, R. O. A.; VETORAZZI, C. A. Comparação entre métodos de análise de sensibilidade, empregados na tomada de decisão com a avaliação multicriterial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 197-211, 2009.

VALENTE, R. O. A.; VETORAZZI, C. A. Comparação entre métodos de avaliação multicriterial, em ambiente SIG, para a conservação e a preservação florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 51-61, 2005.

VETORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos.** 2006. 151 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, SP, 2006.

TURNER, M.G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity.** New York: Springer Verlag, 1990. 536 p.

WILLIAMS, P. H.; MARGULES, C. R.; HILBERT, D. W. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. **Journal of Biosciences**, v. 27, p. 327-338, 2002.

YAGER, R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v. 18, n. 1, pp. 183-190, 1988.

## ANEXO 1

Classe	DF (m)	S	DAU (m)	DAN (m)	DAPP (m)	DE (m)	DAUR (m)	G	FE
1	0,00 - 23,47	Argissolo	0,00 - 395,97	0,00 - 100,65	0,00 - 29,50	0,00 - 78,77	0,00 - 18,31	topos de morro	plano
2	23,48 - 65,72	Cambissolo	395,98 - 989,93	100,66 - 281,84	29,51 - 72,42	78,78 - 167,40	18,32 - 45,79	terraços	norte
3	65,73 - 107,97	Gleissolo	989,94 - 1509,64	281,85 - 483,15	72,43 - 112,65	167,41 - 256,02	45,80 - 75,10	encostas côncavas	leste
4	107,98 - 152,57	Latossolo	1509,65 - 2029,35	483,16 - 704,59	112,66 - 152,89	256,03 - 349,57	75,11 - 104,40	encostas convexas	sul
5	152,58 - 199,51		2029,36 - 2549,06	704,60 - 946,17	152,90 - 193,12	349,58 - 443,11	104,41 - 135,53		oeste
6	199,52 - 248,80		2549,07 - 3068,77	946,18 - 1197,81	193,13 - 233,35	443,12 - 541,58	135,54 - 168,50		
7	248,81 - 300,44		3068,78 - 3563,74	1197,82 - 1469,58	233,36 - 276,27	541,59 - 649,90	168,51 - 210,62		
8	300,45 - 361,47		3563,75 - 4009,20	1469,59 - 1771,55	276,28 - 324,55	649,91 - 787,75	210,63 - 265,57		
9	361,48 - 436,58		4009,21 - 4454,67	1771,56 - 2103,71	324,56 - 383,56	787,76 - 969,92	265,58 - 329,67		
10	436,59 - 598,54		4454,68 - 4974,38	2103,72 - 2566,73	383,57 - 455,98	969,93 - 1255,49	329,68 - 467,04		
11			4974,39 - 5543,60		455,99 - 541,82				
12			5543,61 - 6310,79		581,83 - 683,97				

Em que: DF: distância entre os fragmentos florestais; S: classes de solos; DAU: distância da área urbana; DAN: distância dos fragmentos com maiores áreas nucleares; DAPP: distância das APPs (Áreas de Preservação Permanente); DE: distância das estradas; DAUR: distância das AURs (Áreas de Uso Restrito); G: compartimentos geomorfológicos; FC: faces de exposição.