

SUMÁRIO

1.	RESUMO DO PROJETO.....	2
2.	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PREVISTAS NA PRIMEIRA FASE	2
2.1	Diagnósticos e mapamentos.....	2
3.	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS	3
3.1	Análise e processamento de dados topográficos.....	3
3.2	Qualidade ambiental dos fragmentos florestais	10
3.2.1	Obtenção de mapas temáticos.....	10
3.2.2	Obtenção dos mapas indicadores de perturbação ambiental	10
3.2.3	Mapas Primários	19
3.2.3.1	Áreas edificadas	19
3.2.3.2	Malha viária.....	23
3.2.3.3	Uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais.....	26
3.2.3.4	Remanescentes florestais.....	30
3.3	Indicadores de Perturbação Ambiental	33
3.3.1	Proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas.....	33
3.3.2	Proximidade entre fragmentos florestais e malha viária	36
3.3.3	Suporte ao desenvolvimento da vegetação nativa	39
3.3.4	Uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais	42
3.3.5	Fragmentação florestal das sub bacias hidrográficas	45
3.3.6	Cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas.....	49
3.3.7	Dimensão dos fragmentos florestais.....	52
3.3.8	Índice de borda dos fragmentos florestais	55
3.3.9	Conectividade dos fragmentos florestais	58
3.4	Qualidade ambiental dos fragmentos florestais	61
3.5	Mapeamento de áreas de degradação ambiental	65
3.6	Monitoramento de vazões	66
4.	PRÓXIMAS ATIVIDADES	71
5.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	71

1. RESUMO DO PROJETO

A presente proposta técnica tem por objetivo elaborar uma série de estudos e levantamentos na bacia hidrográfica do rio Jundiá Mirim, visando subsidiar ações de políticas públicas para ordenação da ocupação territorial em consonância com a preservação ambiental dos seus recursos naturais, com ênfase à qualidade e quantidade dos seus recursos hídricos.

Atendendo as necessidades de elaboração desse plano, a Fundação de Apoio a Pesquisa Agrícola – Fundag, juntamente com o Instituto Agrônômico, se qualificam para execução dos estudos propostos, apresentando a metodologia técnico-científica de acordo com os seguintes temas:

1. Diagnósticos e Mapeamentos
2. Caracterização Hidrológica
3. Treinamento e capacitação
4. Gestão de Políticas Públicas

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PREVISTAS NA PRIMEIRA FASE

De acordo com o cronograma de trabalho proposto, para esta primeira fase do projeto foram previstas e executadas as seguintes atividades:

2.1 Diagnósticos e mapeamentos

- Análise e processamento de dados topográficos para obtenção de mapas de declividade e mapas que indiquem os locais de maior concentração dos fluxos de drenagem de água;
- Diagnóstico da qualidade ambiental dos fragmentos florestais
- Mapeamento das áreas de degradação ambiental.
- Início do monitoramento da vazão dos principais afluentes do rio Jundiá Mirim.

3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

3.1 Análise e processamento de dados topográficos

As formas do relevo são de importância capital na caracterização de sistemas ambientais. O desenvolvimento de processos erosivos, a localização de áreas propensas a enchentes e muitas limitações à ocupação urbana são decorrência das formas da paisagem. A morfologia da superfície da Terra pode ser estudada de diversas maneiras, desde descrições de elementos pontuais até mapeamentos geomorfológicos de grande complexidade que tratam desde a descrição do modelado até a sua gênese. Na caracterização do relevo da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, buscaram-se determinações quantitativas que podem ser incorporadas a modelos de análise ambientais mais complexos.

Todos os parâmetros do relevo foram derivados a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação), utilizando-se de técnicas de análise espacial em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Geração do MDE

A partir das curvas-de-nível e pontos cotados constantes da base cartográfica digital foi gerado o MDE. Inicialmente as curvas-de-nível foram transformadas de feições lineares para pontuais, posteriormente unindo-se com o *layer* de pontos cotados (Figura 1). Os elementos foram checados para a identificação de eventuais erros gráficos ou de atributos, como cotas erradas. O procedimento permitiu a geração de um MDE que representa adequadamente a morfologia do terreno, pois incorpora vários elementos que descrevem a topografia e permite o tratamento desses dados por meio de técnicas geoestatísticas.

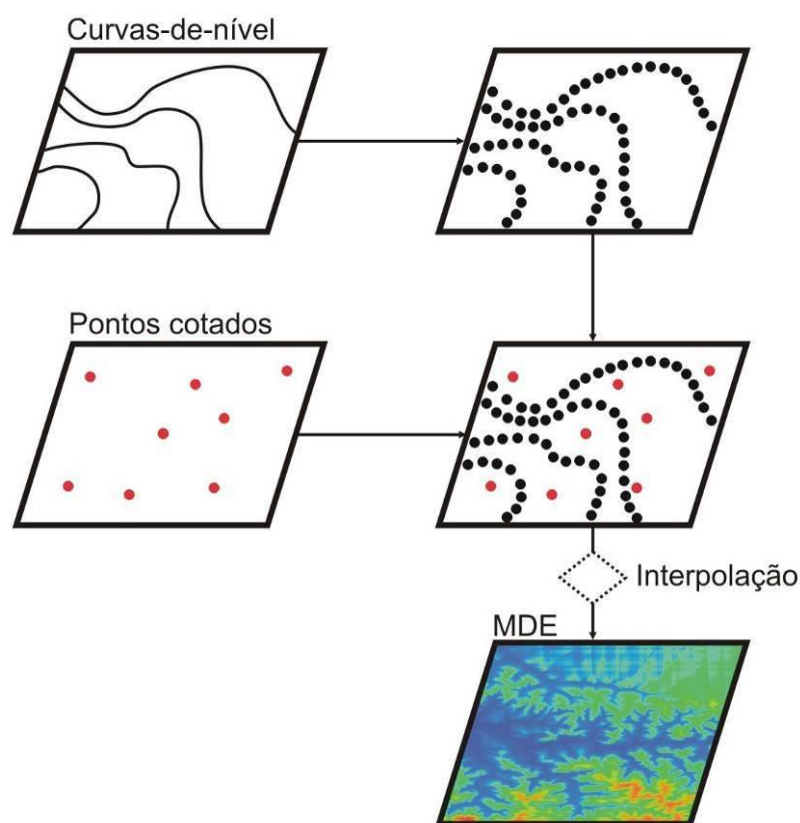


Figura 1. Procedimentos para a geração do MDE

O Plano de Informação (PI) de pontos foi transferido do *software* ILWIS para o Surfer para a interpolação. Esse procedimento busca estimar os valores de elevação nos pontos entre os pontos individuais resultando em uma superfície contínua que representa a elevação do terreno em todos os pontos da área. Vários métodos podem ser utilizados nesse processo tal como o inverso da distância ou janelas de média móvel. Para a construção o MDE bacia hidrográfica do ri Jundiaí-Mirim (Figura 2 e Anexos) utilizou-se da krigagem. Esse interpolador considera os valores da vizinhança e sua tendência espacial na determinação dos valores desconhecidos de elevação, gerando uma superfície com poucos artefatos e muito semelhante ao modelado do terreno original.

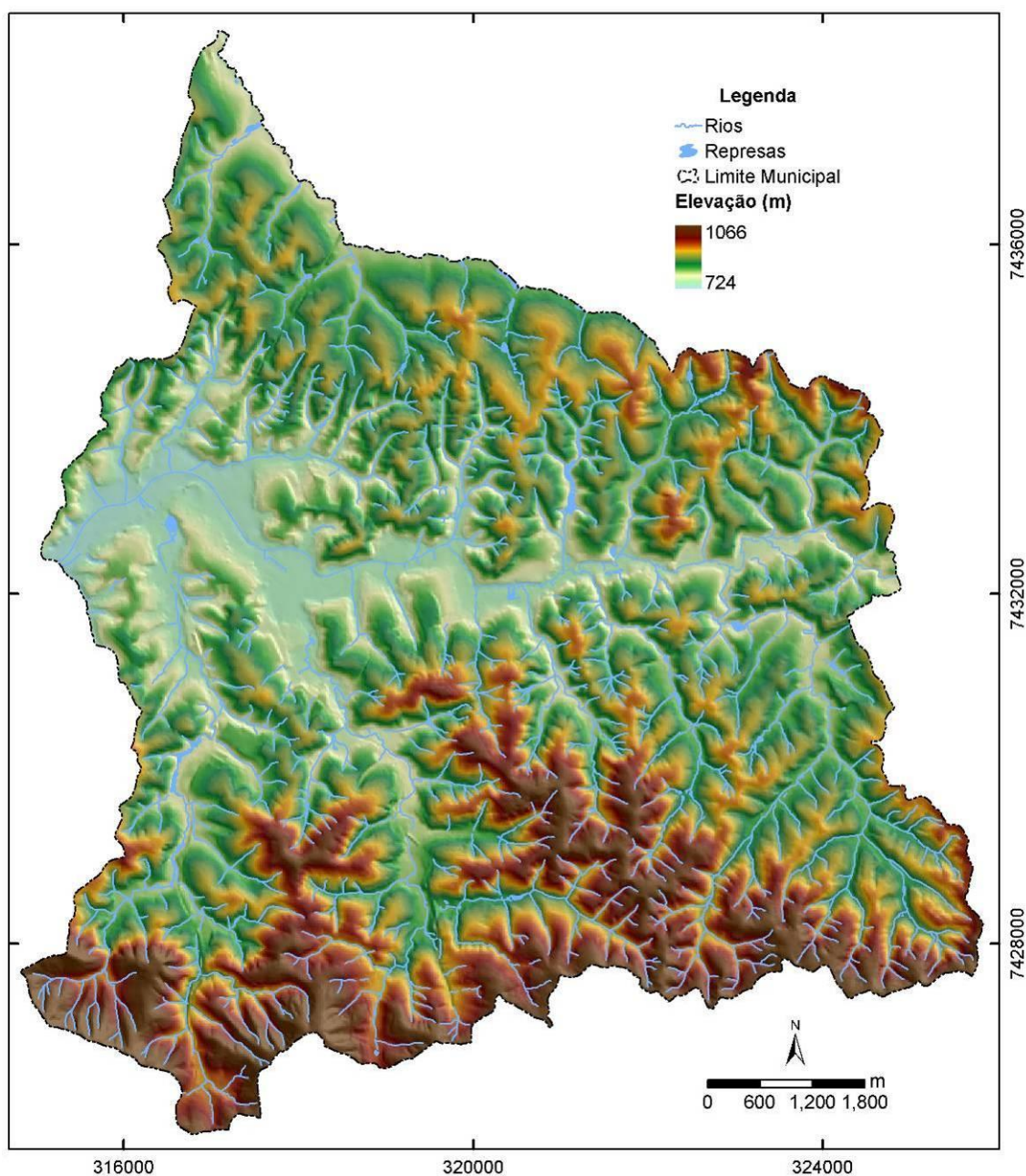


Figura 2. Modelo digital de elevação.

Parâmetros morfométricos

A partir do MDE foram derivados parâmetros morfométricos que descrevem as formas do relevo do município. Inicialmente o MDE foi submetido a filtragem especial com um filtro de média com janela de 3x3 *pixels* (Figura 3), para a suavização de eventuais valores espúrios e geração de uma superfície mais suave.

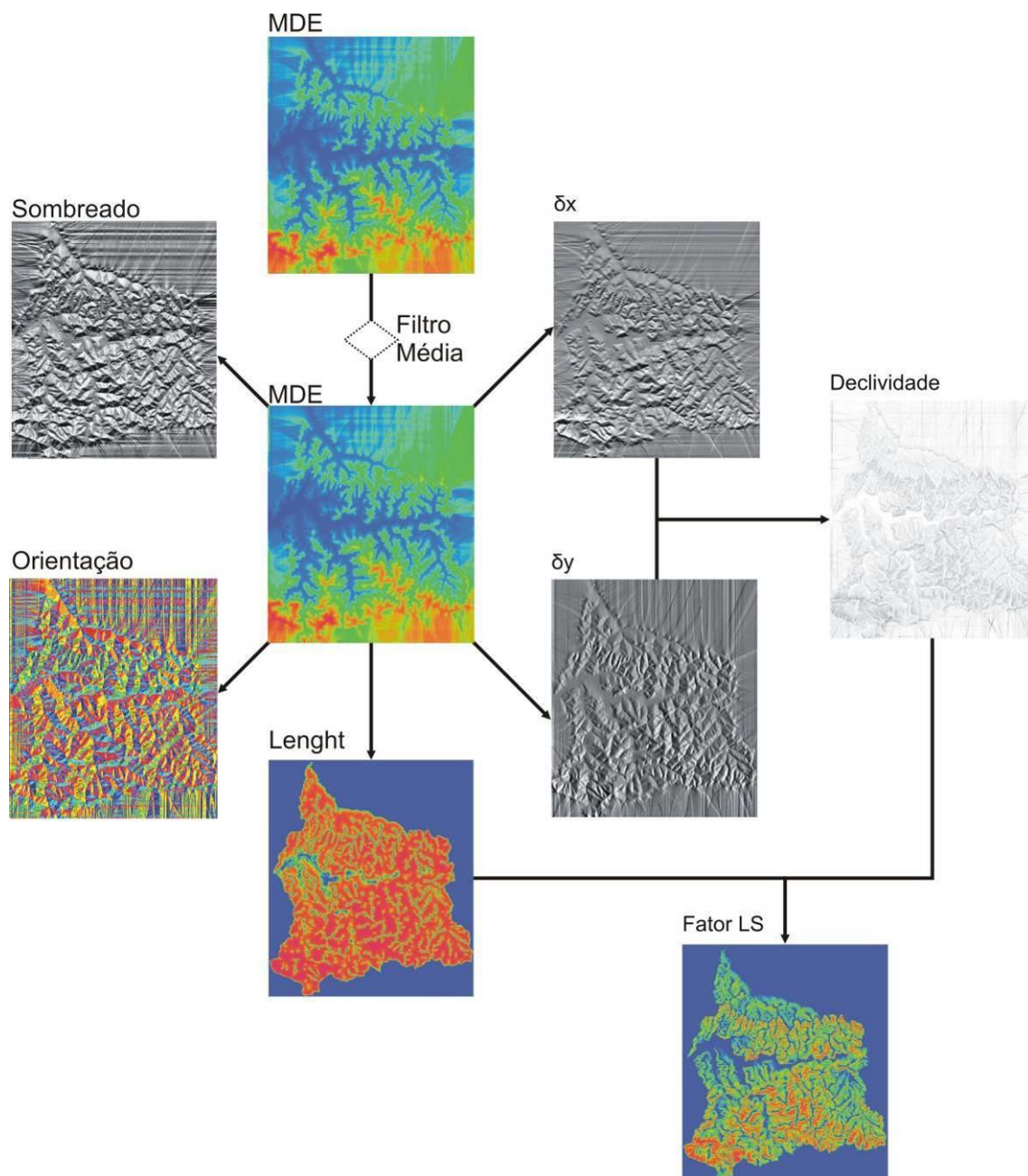


Figura 3. Procedimentos para o cálculo de parâmetros morfométricos.

Sobre o MDE refinado foi calculada a declividade das vertentes. Para isso são aplicados dois filtros direcionais, um no sentido Leste-Oeste (δx) e outro segundo a direção Norte-Sul (δy) essas superfícies são empregados no cálculo da declividade. O mapa (Figura 4 e Anexos) representa a inclinação das vertentes em porcentagem. Esse valor é calculado como a tangente do ângulo multiplicado por 100, dessa maneira áreas com 45° de declividade apresentam 100% no mapa e os valores podem tender ao infinito.

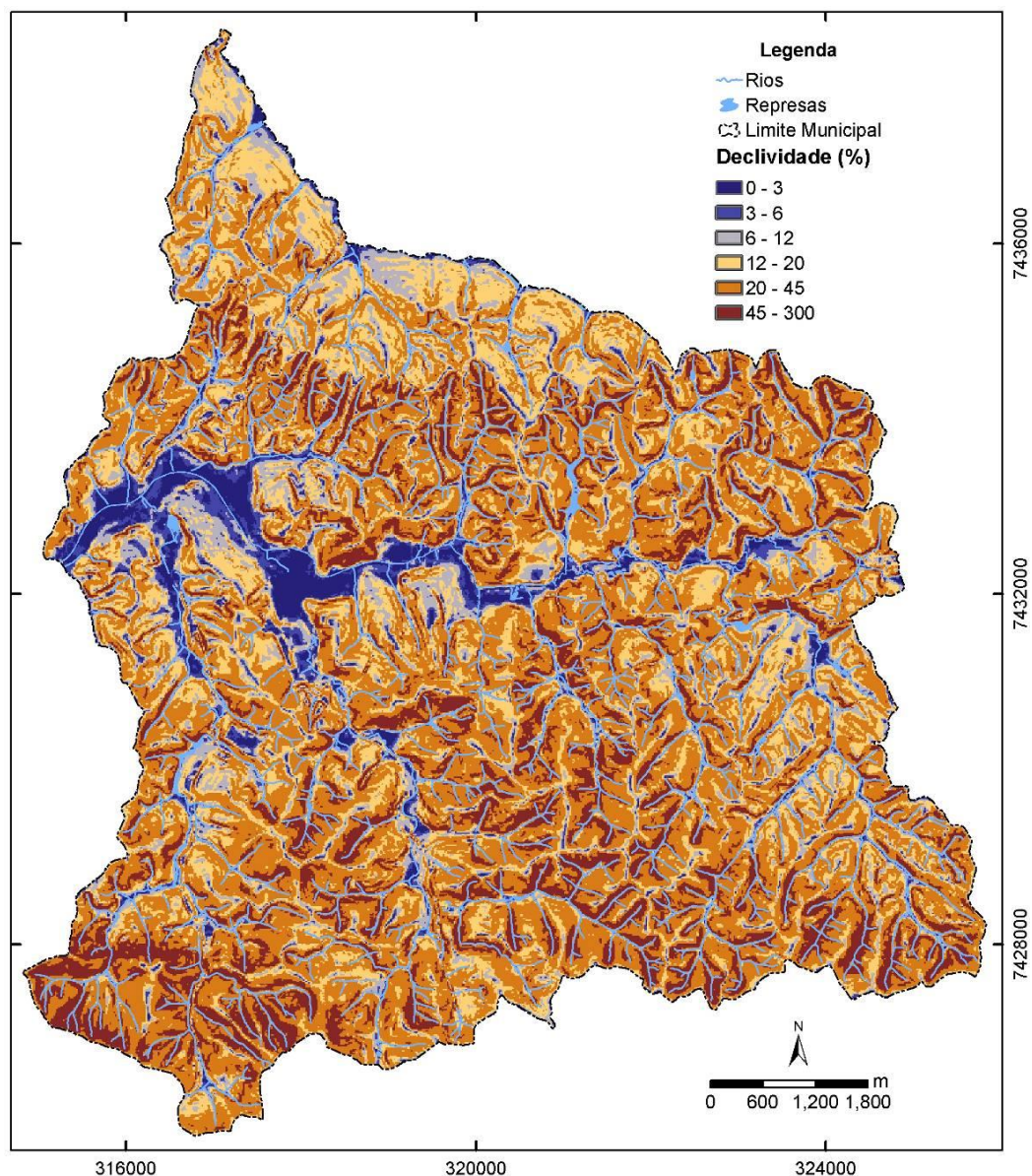


Figura 4. Carta clinográfica.

Dentre os parâmetros morfométricos, a declividade é o que apresenta maiores implicações diretas, pois é empregado no cálculo do fator LS, na determinação das classes de capacidade de uso das terras, e como um dos indicadores de áreas propensas a processos morfogenéticos intensos como enchentes ou deslizamentos.

As áreas de maior declividade estão concentradas no setor Sul do município e em muitas das cabeceiras de drenagem e bacias de menor ordem. Por sua vez as áreas com vertentes menos inclinadas são concentradas na bacia do córrego das Éguas, ao longo do canal do rio Jundiá e nas áreas que drenam para a bacia do ribeirão do Perdão. Ao longo da várzea do rio Jundiá e de planícies

aluvionares menores são encontradas áreas planas com declividades inferiores à 3%.

Em linhas gerais, predomina na bacia do rio Jundiáí-Mirim áreas com elevados valores de declividade, acima de 20% (Figura 5), e pequenos setores com vertentes pouco inclinadas. Essa característica ganha destaque, pois grande parte do território demanda grande cautela no seu processo de ocupação. Áreas com grande declividade podem desenvolver processos erosivos acelerados e mesmo estarem sujeitas a movimentos de massa rápidos. Por outro lado, a velocidade de concentração das águas de chuva é elevada podendo resultar em picos de cheias rápidos e intensos ao longo dos canais fluviais.

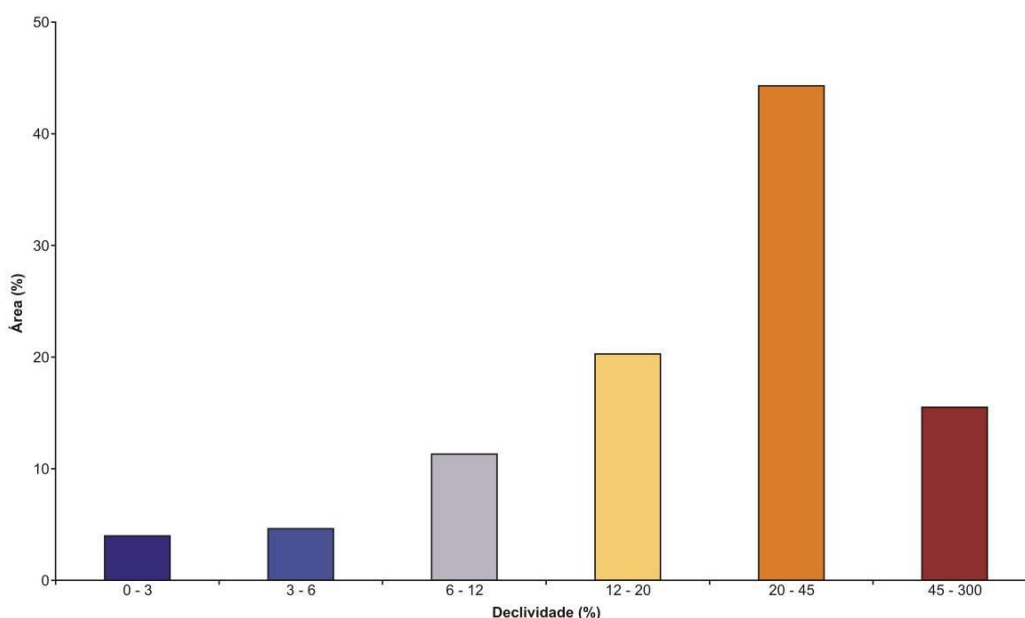


Figura 5. Distribuição percentual das classes de declividades das vertentes.

Dois mapas foram derivados a partir do MDE que são utilizados com propósitos de visualização cartográfica. A exposição das vertentes (Figura 6) representa a direção cardinal para a qual está voltada a vertente, dessa maneira é possível identificar vertentes voltadas para Sul ou Sudeste. A forma de representação do relevo por sombreamento (Figura 7) permite uma reconstrução plástica das formas da paisagem e associada a outros *layers* pode realçar a comunicação.

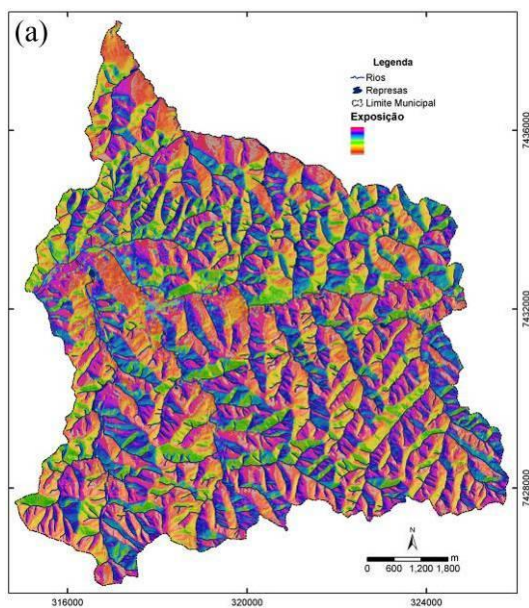


Figura 6. Exposição das vertentes

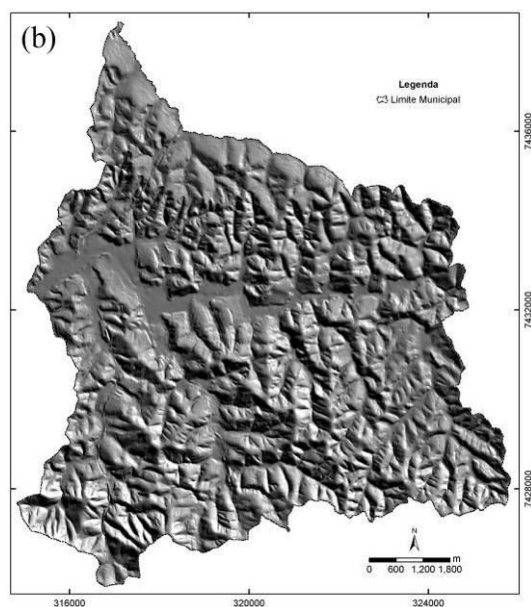


Figura 7. Relevo sombreado

3.2 Qualidade ambiental dos fragmentos florestais

3.2.1 Obtenção de mapas temáticos

O estudo sobre a qualidade ambiental dos fragmentos florestais remanescentes na bacia do rio Jundiá-Mirim foi realizado para os anos de 1972, 2001 e 2013, por FENGLER, (2014) de acordo com a metodologia desenvolvida por FREITAS (2012) com a determinação de nove indicadores de perturbação ambiental, expressos em nove mapas. Posteriormente os indicadores foram submetidos ao método de análise multicritério de Programação por Compromisso (PC) para a determinação da qualidade ambiental dos fragmentos florestais nas três datas.

Para determinação dos indicadores de perturbação ambiental em 1972, 2001 e 2013 foi necessária à confecção de quatro mapas primários, referentes aos fragmentos florestais, áreas edificadas, malha viária e uso e ocupação do solo na região de borda dos fragmentos florestais, respectivamente para esses três anos. A identificação das feições foi realizada na tela do computador com a delimitação dos objetos através do mouse.

Para obtenção desse mapa faz-se necessário a geração de vários mapas de indicadores ambientais, listados a seguir. A partir desses indicadores realizou-se uma análise multicriterial para obtenção do mapa de qualidade ambiental.

3.2.2 Obtenção dos mapas indicadores de perturbação ambiental

- Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas **(PROXED)**

Realizou-se o cálculo da distância entre os fragmentos florestais e as áreas edificadas para o uso da terra do ano de 2013. Os valores obtidos foram normalizados entre 0 e 1 com a atribuição o valor 0 ao fragmento florestal em contato direto com áreas urbanas e um aumento gradativo até o valor 1, atribuído a fragmentos florestais com distância igual ou superior a 200m em relação às áreas urbanas.

- Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e malha viária (**PROXVIAS**)

Realizou-se o cálculo da distância entre os fragmentos florestais e às vias de acesso (rodovias, estradas pavimentadas e não pavimentadas) 2013. Os valores obtidos foram normalizados entre 0 e 1, onde o valor 0 foi atribuído ao fragmento florestal em contato direto com vias de acesso com aumento gradativo até o valor 1, atribuído a fragmentos florestais situados a mais de 200m de distância.

- Mapa de suporte ao desenvolvimento da vegetação nativa (**CAPUSO**)

O suporte ao desenvolvimento da vegetação nativa foi determinado através da sobreposição entre o Mapa de capacidade de uso das terras e o Mapas de fragmentos florestais de 2013. Os fragmentos florestais foram classificados conforme a classe de capacidade de uso da terra em que se situam, quanto menores as restrições do solo em parâmetros como fertilidade, impedimento físico entre outros, mais apto o local para o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação nativa. As classes de capacidade de uso foram normalizadas com valores entre 0 e 1 utilizado como referencia a Tabela 1.

Tabela 1 - Valores atribuídos às classes de capacidade de uso das terras nas áreas ocupadas pelos fragmentos florestais da bacia do rio Jundiá-Mirim, SP.

Classe	Valores para classificação
IIf	1,0
IIIef	0,8
IIIefp	0,8
IIIf	0,9
IVef	0,7
IVefp	0,6
Va	0,5
Vle	0,4
Vlef	0,3
Vlefp	0,3
VIIefp	0,1
VIII	0,0

Fonte: FREITAS (2012).

- Mapa de uso e ocupação do solo no entorno dos fragmentos florestais (**BORDA**)

O uso e ocupação do solo no entorno dos fragmentos florestais foi determinado para 2013 em uma margem de 30m ao redor dos fragmentos florestais. As feições de uso e ocupação do solo foram classificadas com os valores da Tabela 2.

Uma margem de 30m foi gerada na parte interna dos fragmentos florestais para determinar o efeito de borda. Os fragmentos foram classificados com a atribuição de valores entre 0 e 1, segundo dois critérios: o tipo de uso e ocupação do solo e a distância da borda. Quanto maior o potencial de perturbação ambiental da classe de uso e ocupação do solo e menor à distância com o fragmento florestal mais próximo de 0 foi o valor atribuído. Quanto menor o potencial de perturbação ambiental da classe de uso e ocupação do solo e maior à distância com o fragmento florestal mais próximo de 1 foi o valor atribuído.

Tabela 2 -Valores atribuídos as classes de uso e ocupação do solo na região de entorno dos fragmentos da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

Classes de uso e ocupação do solo em 2013	Peso
Agroindústria	1
Culturas agrícolas	0,5
Bosque	0,8
Gramado	0,3
Industrial	0,1
Loteamento industrial	0,1
Loteamento para moradia	0,1
Macega	0,9
Mata	1
Mineração	0,1
Mineração em recuperação	0,2
Moradia de alta densidade	0,1
Moradia de baixa densidade	0,1
Pastagem	0,5
Pastagem com solo exposto	0,3
Pasto sujo	0,6
Piscicultura	1
Reflorestamento	1
Represa	1
Silvipastoril	0,7
Solo exposto	0,1
Várzea	1

Fonte: Adaptação de FREITAS (2012)

- Mapa de intensidade de fragmentação da vegetação nas sub bacias hidrográficas **(IF)**

A intensidade de fragmentação da vegetação nas sub bacias hidrográficas representa a relação entre o número de fragmentos florestais e a área total da sub bacia hidrográfica. O mapas referente ao ano de 2013 foram determinados através da Equação 8.

$$IF = Q/A \quad (8)$$

Onde,

- IF = Intensidade da fragmentação da vegetação;
- Q = Quantidade de fragmentos florestais na sub-bacia hidrográfica;
- A = Área da sub-bacia hidrográfica (hectares).

Os índices obtidos foram normalizados entre 0 e 1 por uma função linear decrescente, sub bacias com menor fragmentação apresentam valores próximos de 1; sub bacias com maior fragmentação apresentam valores próximos de 0.

- Mapa de cobertura vegetal remanescente **(CV)**

A cobertura vegetal remanescente representa a relação entre a área de cobertura natural e a área total da sub bacia hidrográfica. O mapa referente a 2013 foram determinados através da Equação 9.

$$CV = Af/Ab \quad (9)$$

Onde,

- CV = Cobertura vegetal remanescente;
- Af = Área de fragmentos florestais por sub bacias hidrográficas;
- Ab = Área da sub bacia hidrográfica.

Os valores resultantes para cada sub bacia hidrográfica foram normalizados por uma função linear, com a atribuição de valores entre 0 e 1. Em sub bacias com maior porcentagem de área ocupada por vegetação natural atribuiu-se valores próximos à 1. Em sub bacias com baixas porcentagens de sua área ocupada por vegetação natural atribuíram-se valores próximos a 0.

- Mapa de tamanho dos fragmentos florestais **(TAMANHO)**

Para a obtenção dos mapas de tamanho dos fragmentos florestais realizou-se a classificação dos fragmentos florestais de 2013 em cinco classes conforme sua dimensão (Tabela 3). Associaram-se valores entre 0 e 1, para a normalização, quanto mais próximo de 1 maior a área e quanto mais próximo de 0 menor.

Tabela 3 -Valoração das classes de tamanho dos fragmentos florestais.

Classe	Área (ha)	Valor classificação
Muito pequeno	< 0,50	0,00
Pequeno	0,50 – 1,00	0,25
Médio	1,00 – 5,00	0,50
Bom	5,00 – 20,00	0,75
Adequado	> 20,00	1,00

Fonte: FREITAS (2012).

- Mapa índice de borda dos fragmentos florestais **(INB)**

O índice de borda foi determinado através do cálculo do índice de circularidade dos fragmentos florestais em 1972, 2001 e 2013, sua determinação se deu por meio da Equação 10 (BORGES et al., 2004).

$$Ic = (2 * \sqrt{\pi A}) / L \quad (10)$$

Onde,

- Ic = Índice de circularidade;
- A = Área do fragmento florestal;
- L = Perímetro do fragmento florestal.

O índice de circularidade é adimensional variando entre 0 e 1, onde valores mais próximos de 1 são atribuídos aos fragmentos florestais com formato próximo ao circular e valores mais próximos de 0 formatos mais alongados.

- Mapa de conectividade dos fragmentos florestais **(CONNECT)**

A conectividade foi calculada através do estabelecimento de raio de 175m ao redor de todos os fragmentos florestais. Foram classificados com o valor 0 fragmentos florestais isolados, ausência de fragmentos florestais na região de 175m, e com valor 1 fragmentos florestais conectados, presença de um ou mais fragmentos florestais na região de 175m.

A qualidade ambiental dos fragmentos florestais para 2013 foi determinada através da análise multicritério de Programação por Compromisso (PC), apresentada na Equação 1.

$$Qff = [(0.099 \times PROXED) + (0.101 \times PROXVIAS + (0.062 \times CAPUSO) + (0.132 \times BORDA) + (0.124 \times IF) + (0.101 \times CV) + (0.142 \times TAMANHO) + (0.116 \times INB) + (0.124 \times CONECT)] \quad (1)$$

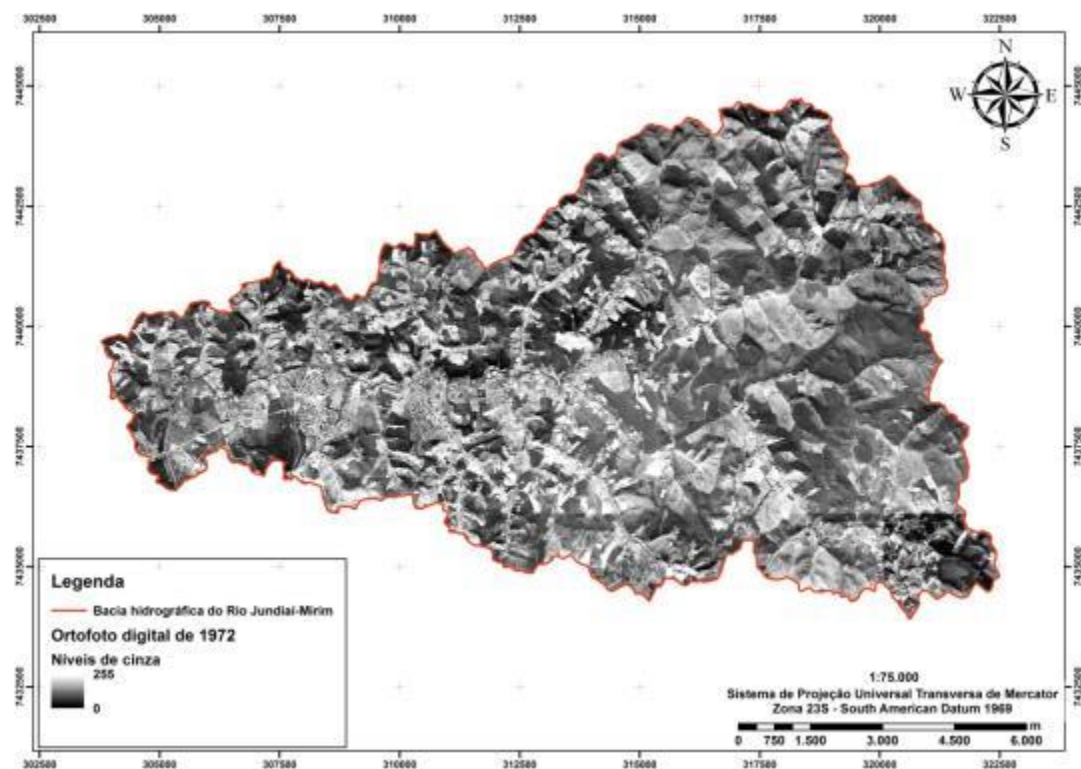
Os pesos da análise multicritério foram determinados por FREITAS (2012) com a aplicação de um questionário as profissionais de diferentes áreas de Geoprocessamento, Conservação do Solo e Recursos Naturais. Os valores obtidos foram normalizados em uma função linear entre os valores 0 a 1 e classificados conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Classes qualidade ambiental dos fragmentos florestais na bacia do rio Jundiá-Mirim, SP.

Classe	Valor
Muito Baixa	0 - 0,2
Baixa	0,2 - 0,4
Média	0,4 - 0,6
Alta	0,6 - 0,8
Muito Alta	0,8 - 1,0

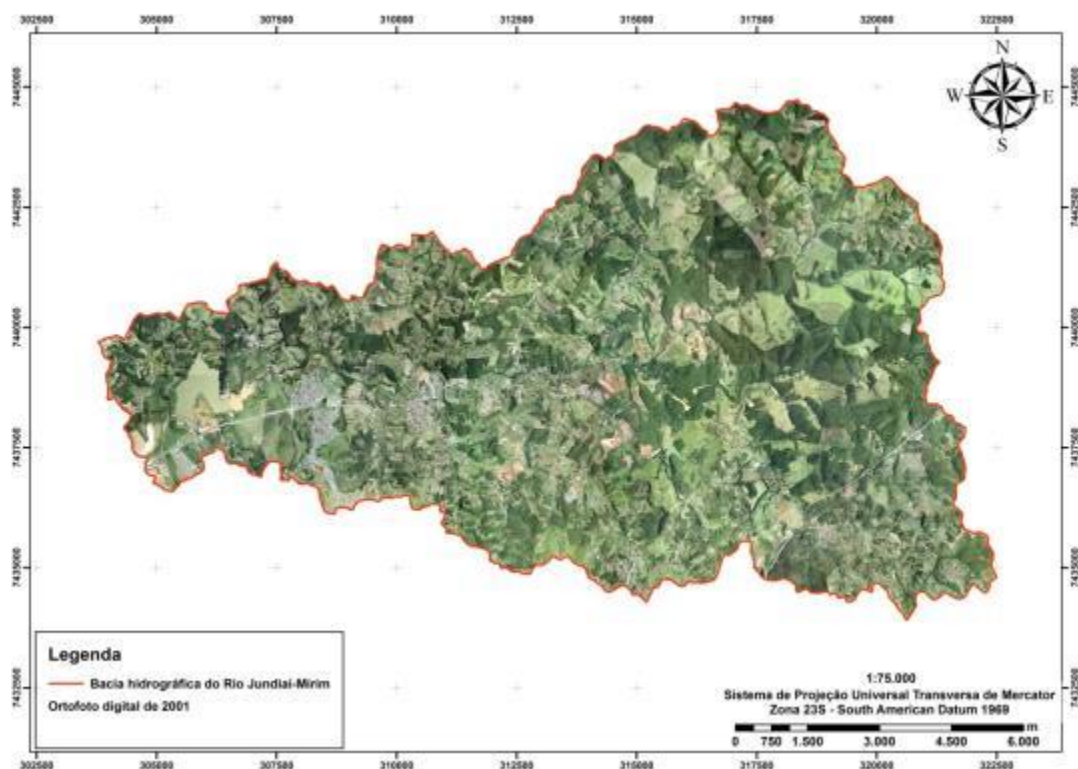
Fonte: FREITAS (2012).

As Figuras 8, 9 e 10 mostram as imagens digitais da bacia hidrográfica em 1972, 2001 e 2013, respectivamente. Na Figura 8 às áreas edificadas e de solo exposto são representadas em branco, os fragmentos florestais em cinza escuro e as áreas de pastagem e cultivo agrícola em tons de cinza médio e claro. Nas Figuras 9 e 10 as áreas edificadas são representadas pela cor cinza claro, solos expostos pela cor rosa, fragmentos florestais pela cor verde escuro e áreas de pastagem e cultivo agrícola pela cor verde claro.



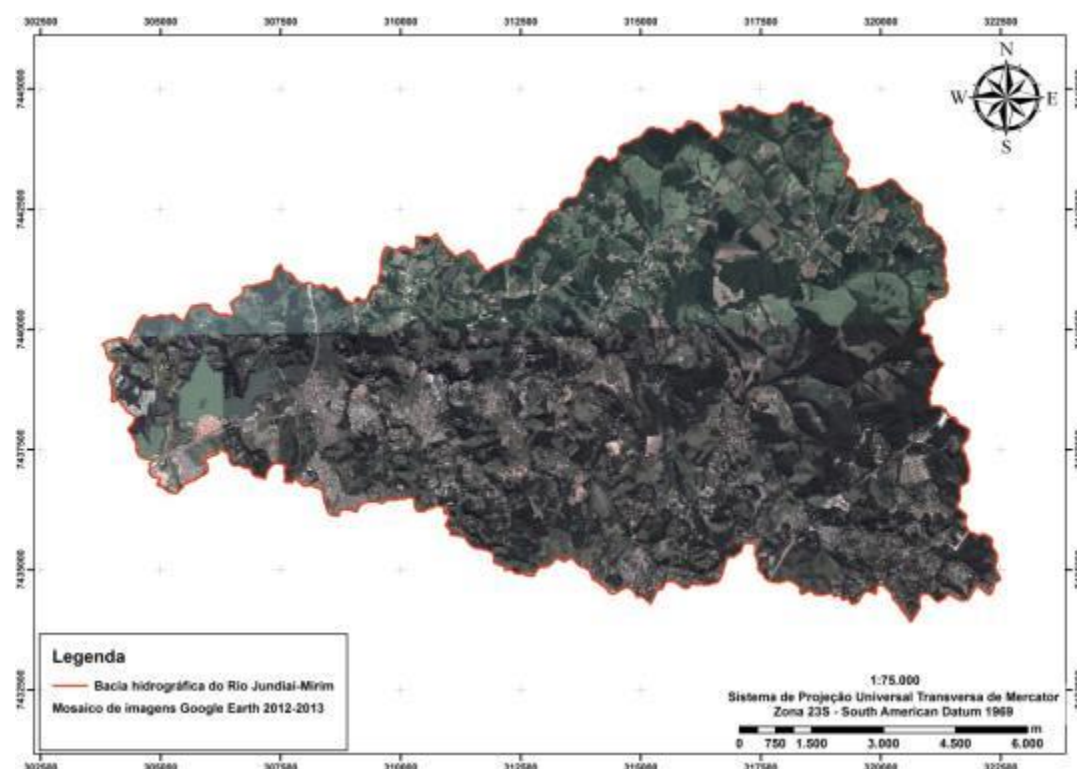
Fonte: FENGLER. (2014)

Figura 8. Imagem digital de 1972.



Fonte: MORAES et al. (2013)

Figura 9. Imagem digital de 2001.



Fonte: FENGLER. (2014)

Figura 10 Imagem digital de 2013.

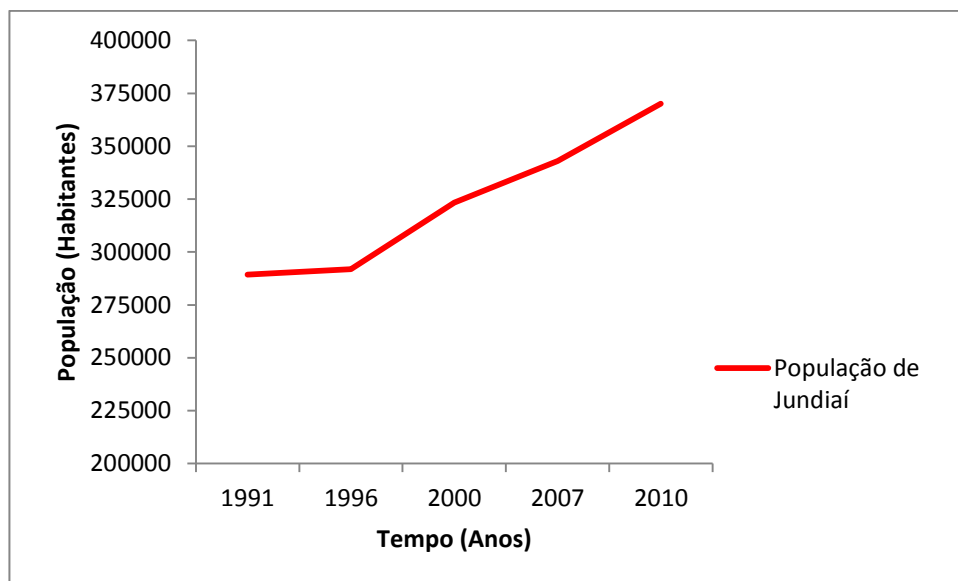
Observa-se que desde 1972 a porção noroeste da bacia hidrográfica, ocupada pelo município de Jarinu, apresenta os fragmentos florestais de maior dimensão. Às áreas com maior ocupação urbana estão localizadas nas áreas ocupadas pelos municípios de Jundiá e Campo Limpo Paulista. Nota-se a ausência da represa de captação de água na porção sudeste da bacia hidrográfica em 1972.

A região a noroeste da bacia hidrográfica apresenta predominância de áreas agrícola, constituído parte da zona rural do município de Jarinu. A localização da bacia hidrográfica na região central da megametrópole paulista tem contribuído para a conversão das áreas rurais em áreas urbanas, dada a grande pressão do mercado imobiliário e industrial.

A situação mostra a vulnerabilidade de Jundiá frente a alterações das áreas agrícolas de Jarinu, visto os impactos ambientais oriundos das áreas urbanas podem comprometer significativamente a disponibilidade e qualidade da água, uma vez que essa região constitui a área de cabeceiras da bacia hidrográfica.

A situação é mais agravante quando observamos o crescimento da população de Jundiá (Figura 11) e a conseqüente maior demanda de água. A criação do reservatório pela administração pública e a transposição das águas do Rio Atibaia,

para complementar as vazões do Rio Jundiá-Mirim, já mostram uma situação de demanda superior à capacidade de produção de água da bacia hidrográfica.



Fonte: IBGEa (2014)

Figura 11. Evolução da população de Jundiá entre 1991 e 2010.

3.2.3 Mapas Primários

3.2.3.1 Áreas edificadas

As Figuras 12, 13 e 14 mostram a evolução das áreas edificadas entre 1972 e 2013, é notável a expansão das áreas edificadas, sobretudo no período entre 1972 e 2001. Observou-se um aumento de 429,3%, passando de 408,2 ha em 1972, para 1803,5 ha em 2001 e 2160,3 ha em 2013. O período de maior expansão corresponde ao entre 1972 e 2001, com 341,9% de aumento. Entre 2001 e 2013 a expansão é menor correspondendo a 19,8%.

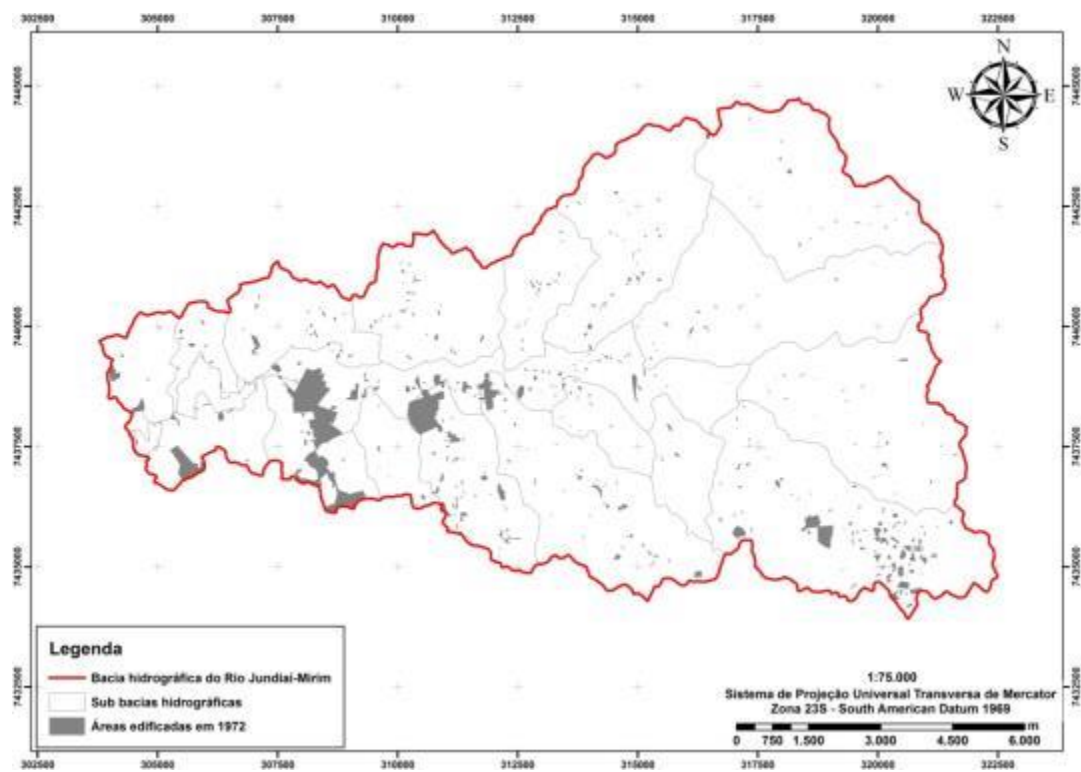


Figura 12. Mapas de áreas edificadas de 1972.

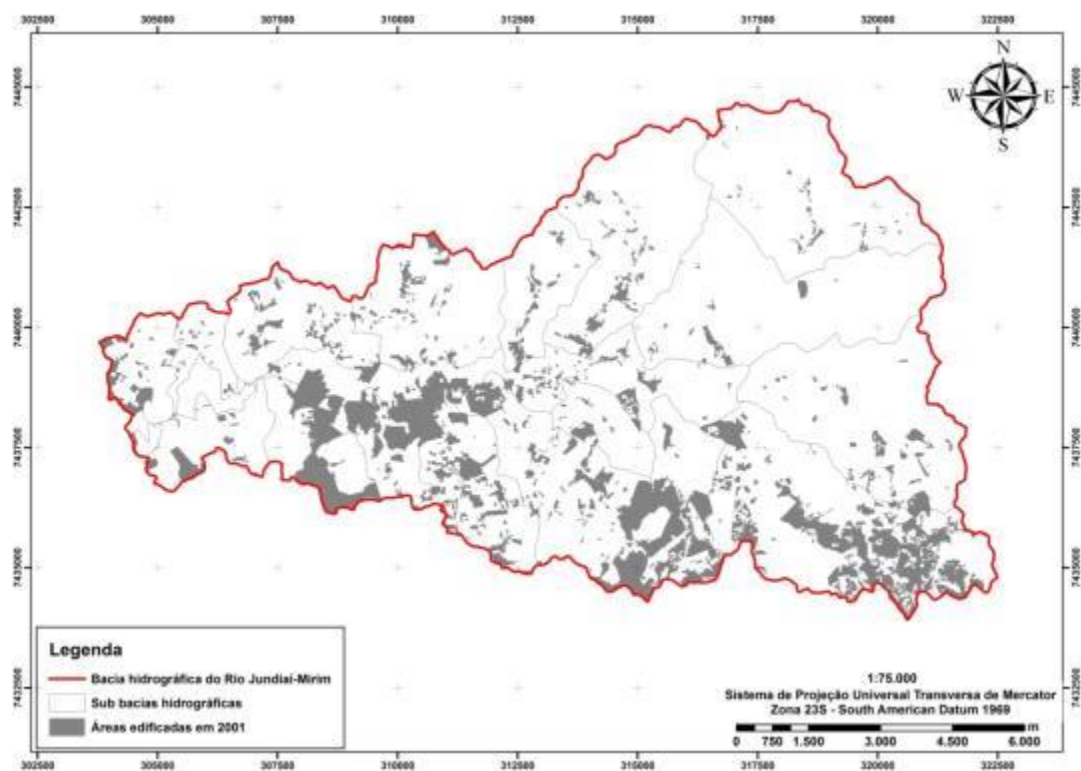


Figura 13. Mapa de áreas edificadas de 1972.

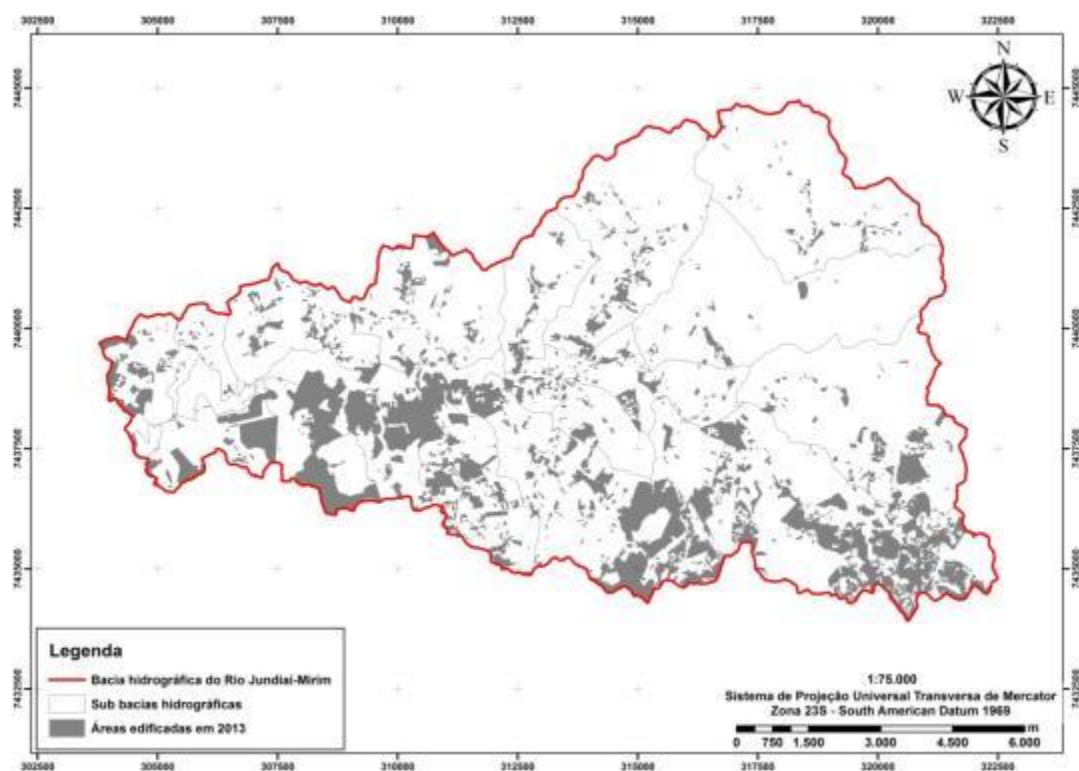


Figura 14. Mapas de áreas edificadas de 2013.

Na Figura 15 é possível identificar a tendência linear de expansão das áreas edificadas, a mesma tendência linear é observada nos dados populacionais da região (Figuras 16, 17 e 18). Em um cenário hipotético de crescimento no ano 2230 toda área da bacia hidrográfica estaria ocupada por edificações.

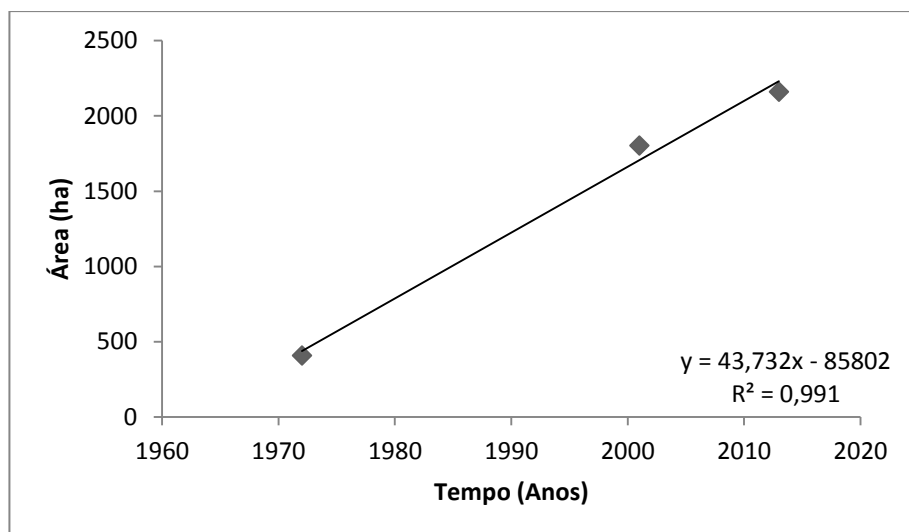
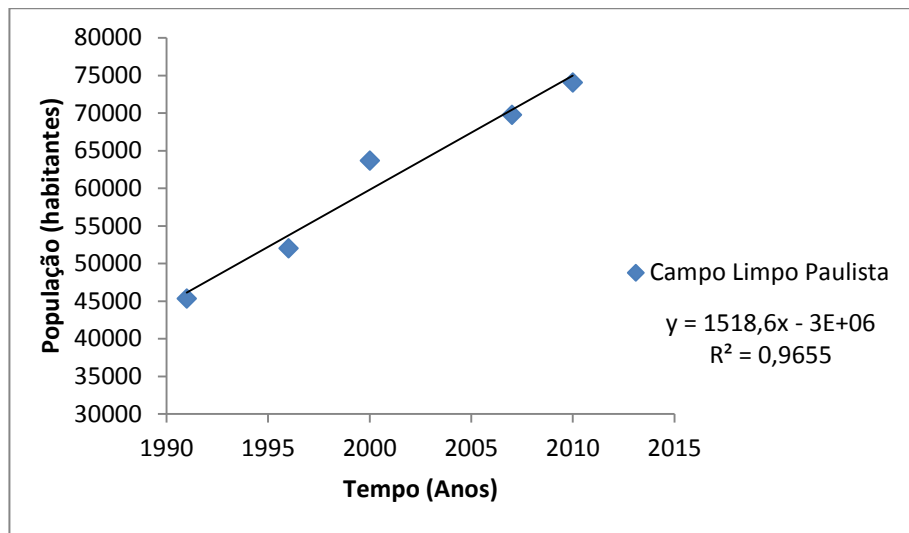
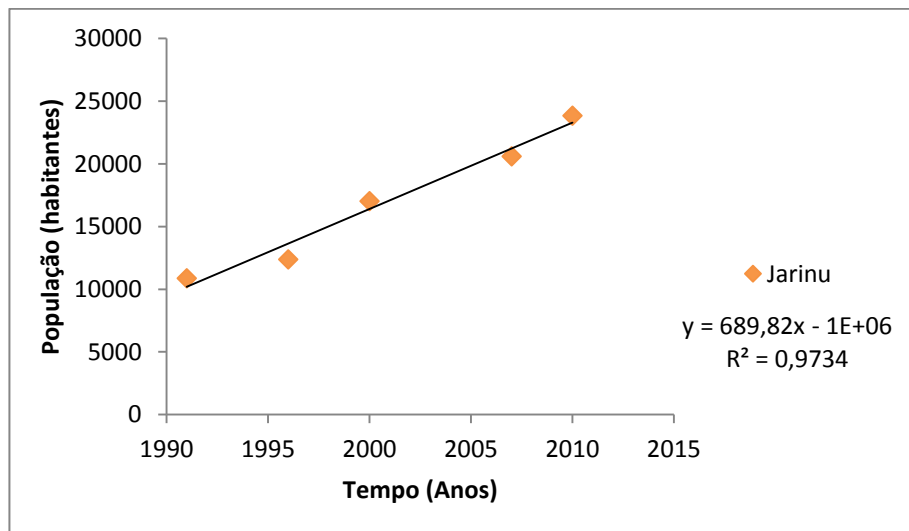


Figura 15. Tendência de aumento das áreas edificadas.



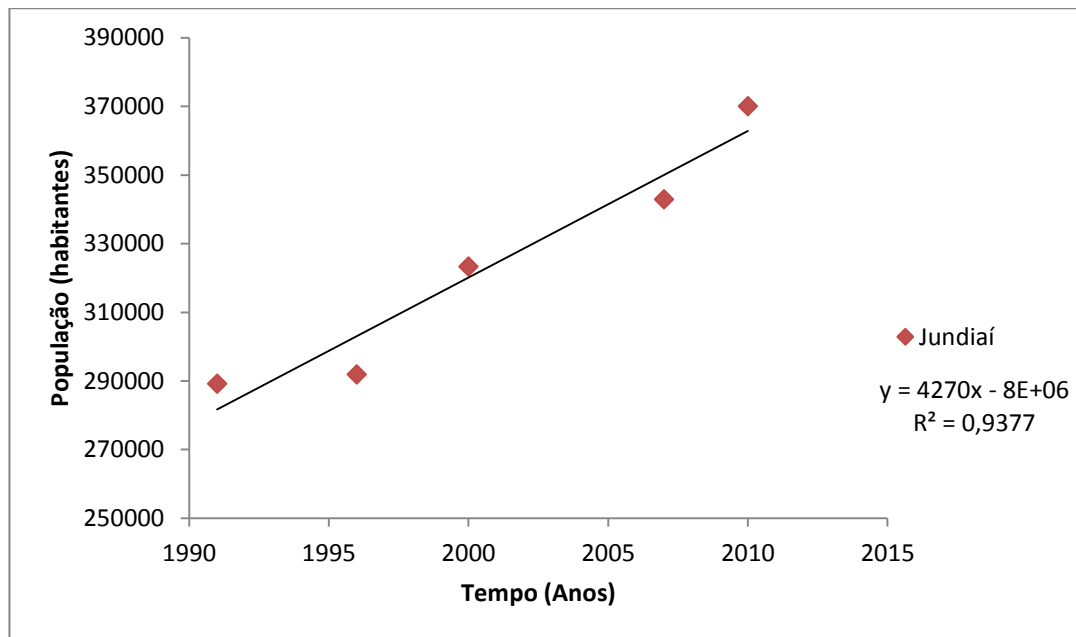
Fonte: IBGEb (2014)

Figura 16. Tendência de aumento da população de Campo Limpo Paulista.



Fonte: IBGEc (2014)

Figura 17. Tendência de aumento da população de Jarinu.



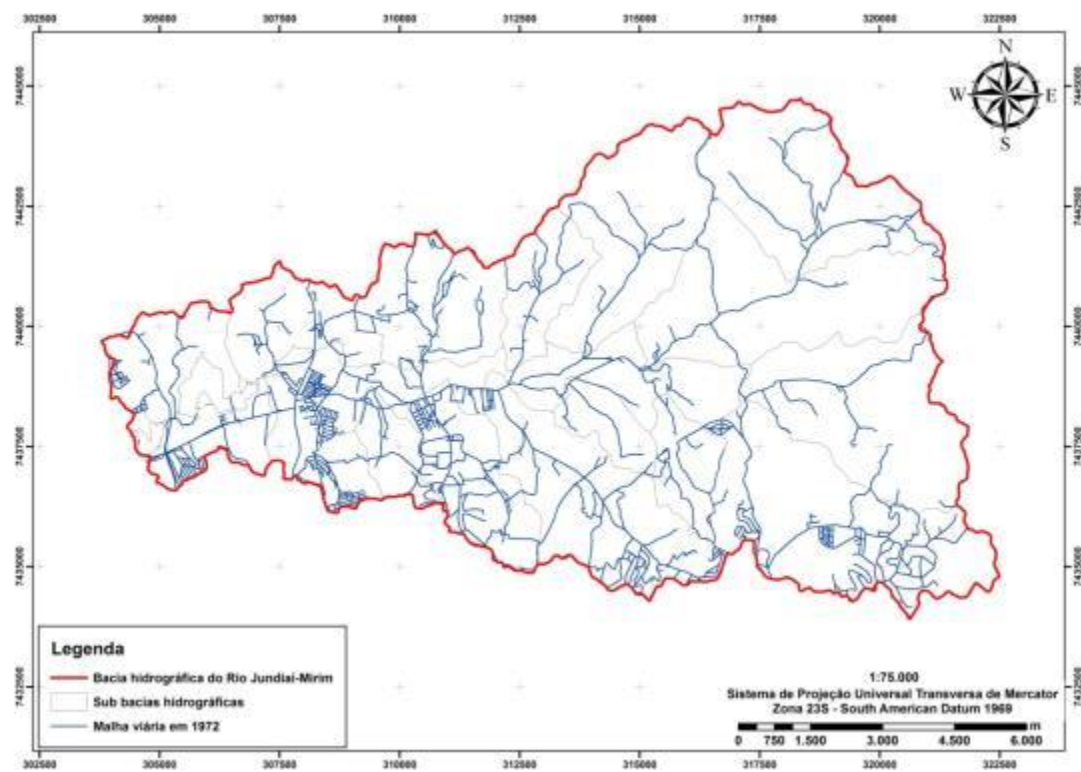
Fonte: IBGEa (2014)

Figura 18. Tendência de aumento da população de Jundiaí.

O processo de ocupação ocorreu com maior intensidade nas regiões ocupadas pelos municípios de Jundiaí e Campo Limpo Paulista, onde o crescimento populacional e o processo de urbanização são mais intensos. A porção ocupada por Jarinu apresentou menor aumento, dada sua localização afastada dos centros urbanos de Jundiaí, Campo Limpo Paulista e Jarinu.

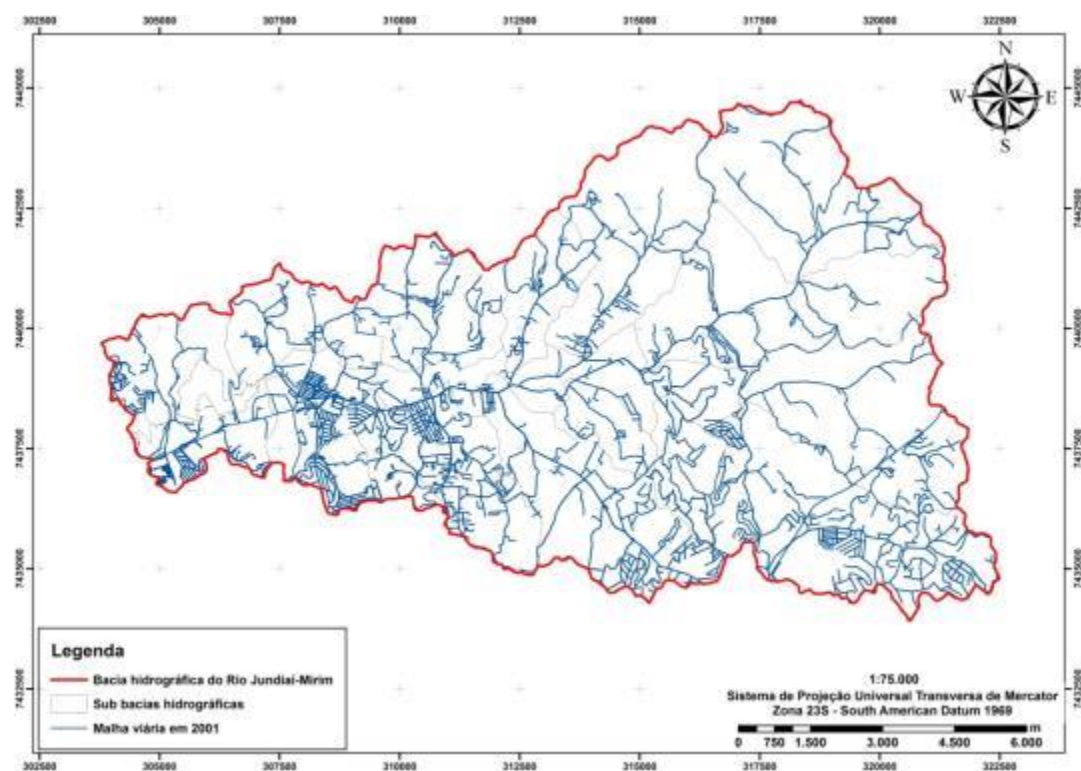
3.2.3.2 Malha viária

Nas Figuras 19, 20 e 21 são apresentados os resultados do estudo evolutivo da malha viária. Ao longo do período de análise observou-se o aumento das ramificações das vias a partir das estradas principais. Entre 1972 e 2013 as vias de acesso apresentaram aumento de 232,3%, sendo o período de maior expansão corresponde ao entre 1972 e 2001, com 214,3%, e o de menor entre 2001 e 2013, com 5,7%.



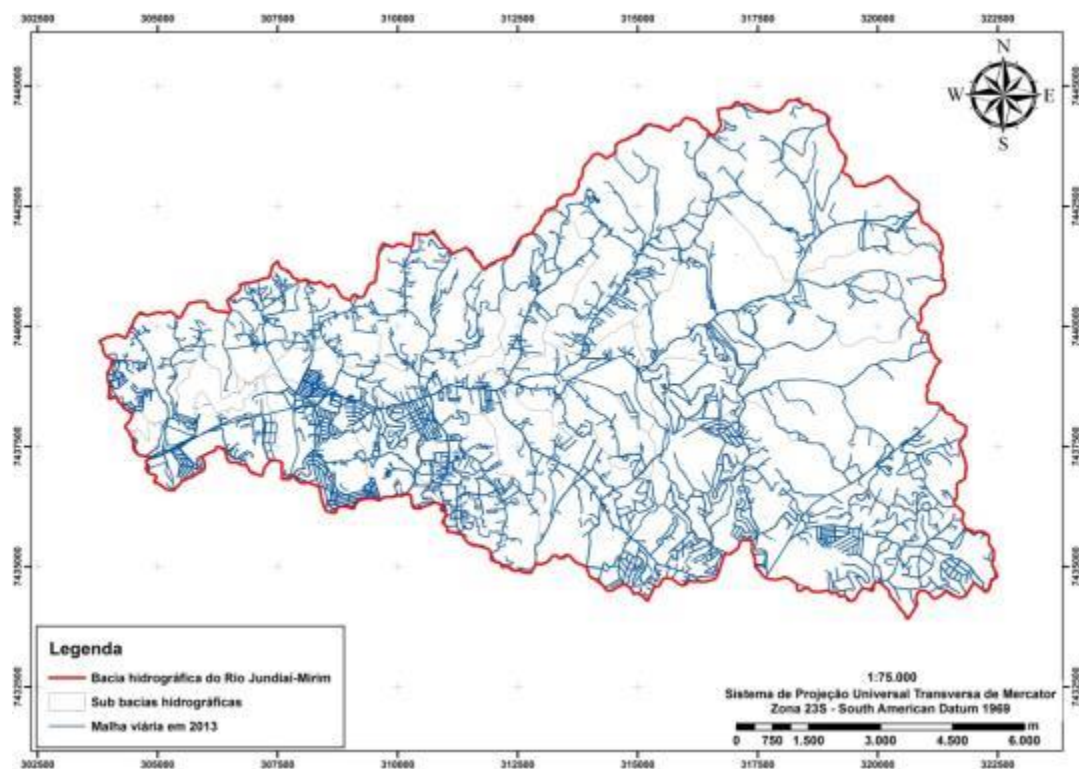
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 19. Mapa de malha viária de 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 20. Mapa de malha viária de 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 21. Mapa de malha viária de 2013.

A Figura 22 mostra a tendência de crescimento da malha viária, evidencia-se que expansão tende a se estabilizar com o tempo. A associação com a tendência observada na evolução das áreas edificadas indica um provável cenário futuro de congestionamentos.

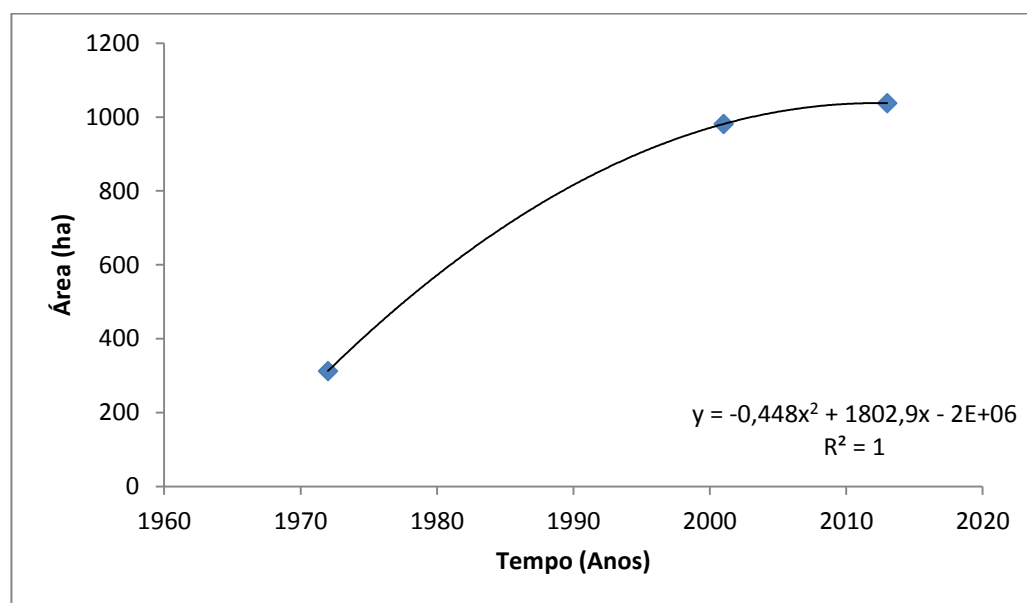


Figura 22. Tendência de crescimento da malha viária.

Os Mapas mostram que a expansão das áreas edificadas ocorre após as ramificações da malha viária. LEVINSON & CHEN (2006) observaram em um estudo realizado nos municípios de Minneapolis e St. Paul nos EUA, que áreas agrícolas e florestais com a presença de vias próximas tendem a apresentar maior probabilidade de conversão em áreas de moradia e industriais, uma vez que o processo de construção civil é facilitado com a expansão das vias de acesso.

Identificou-se a expansão das vias na região da bacia hidrográfica ocupada pelo município de Jarinu, indicando um possível cenário futuro de ocupação urbana. Ressalta-se a importância da gestão participativa entre Campo Limpo Paulista, Jarinu e Jundiá para o controle do processo de ocupação da bacia hidrográfica, com a prevenção da substituição das áreas florestais e agrícolas através de políticas públicas de preservação florestal e valorização da agricultura.

As tendências observadas constituem uma ameaça aos recursos hídricos da bacia hidrográfica. POELMANS et al. (2010) explicam que o processo de impermeabilização do solo, por edificações, estadas estacionamentos e a rede de drenagem pluvial promovem modificações significativas nos componentes do ciclo hidrológico, alterando os fluxos de evapotranspiração, escoamento superficial e recarga do lençol freático. Os autores identificaram na bacia hidrográfica de Flanders-Brussels, localizada na costa Oeste da Europa, que o processo de ocupação da região entre 1976 e 200 promoveu um aumento de 20% no escoamento superficial anual, 1,5% de redução na evapotranspiração e 3% de diminuição do lençol freático. Na simulação de cenários pessimistas os autores chegaram a 77% de aumento no escoamento superficial, 4,5% de redução na evapotranspiração e 12% de diminuição do lençol freático.

Com o crescimento da demanda de água por parte da população de Jundiá qualquer cenário de diminuição da disponibilidade de água é crítico. Os resultados revelam um intenso processo de ocupação urbana que não condiz com a necessidade de preservação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

3.2.3.3 Uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais

As Figuras 23, 24 e 25 mostram a evolução do uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 1972, 2001 e 2013. As Tabelas 5, 6 e 7 mostram a área ocupada por cada classe de uso e ocupação do solo nas respectivas datas. Os valores totais apresentam diferenças dadas às modificações na dimensão e disposição dos fragmentos florestais em cada período.

Os resultados mostram o processo de urbanização das regiões próximas aos fragmentos florestais. Em 1972 a região de borda apresentava predominância de classes ligadas à agricultura e pecuária (83,9% da área total). No ano de 2001 observa-se uma diminuição de 15,4% nas áreas rurais e o aumento de 18,6% das áreas industriais, de moradia e loteamentos. Em 2013 o processo de urbanização avança 5,9%, com redução de 21,3% das áreas rurais.

As tendências observadas indicam o processo de êxodo rural na bacia hidrográfica, com a conversão das áreas voltadas a agricultura e pecuária em áreas de moradia e loteamentos.

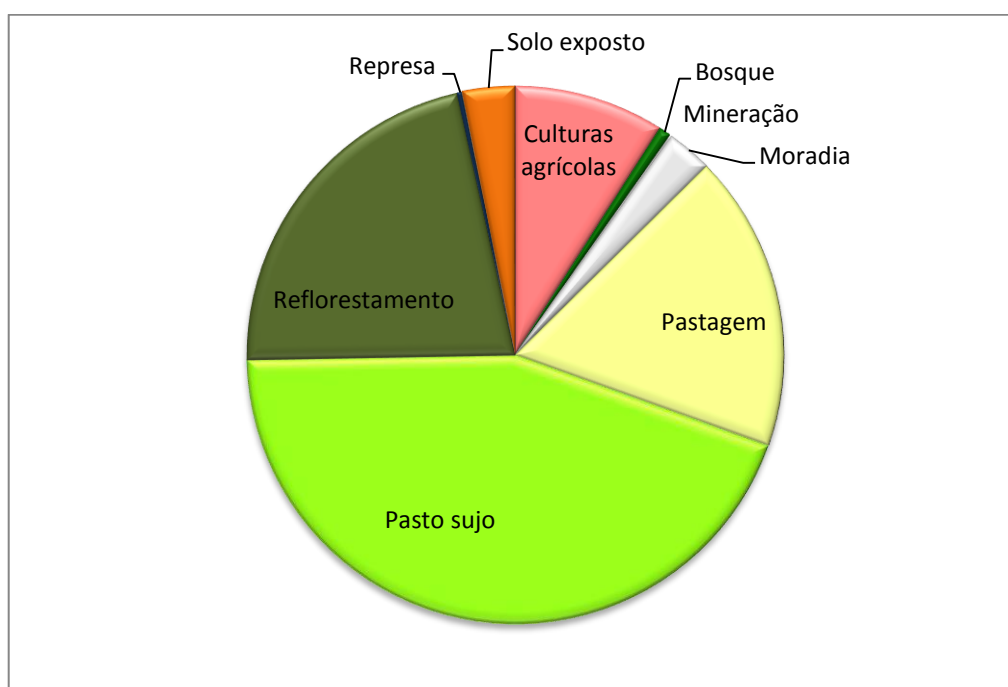


Figura 23 – Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 1972.

Tabela 5 – Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 1972.

Classes de uso e ocupação do solo em 1972	Área (ha)	Área (%)
Culturas agrícolas	168,6	9,0
Bosque	13,8	0,7
Mata	0,0	0,0
Mineração	0,4	0,0
Moradia	52,0	2,8
Pastagem	333,1	17,9
Pasto sujo	824,7	44,2
Reflorestamento	406,9	21,8
Represa	5,9	0,3
Solo exposto	58,4	3,1

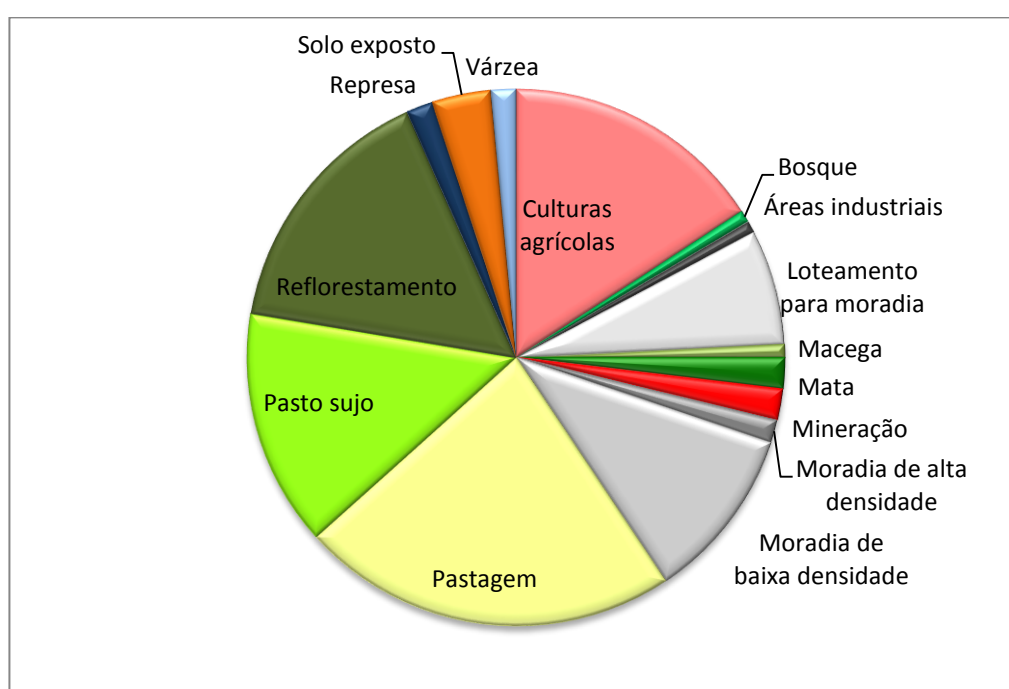


Figura 24 – **Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 2001.**

Tabela 6 – **Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 2001.**

Classes de uso e ocupação do solo em 2001	Área (ha)	Área (%)
--	------------------	-----------------

Culturas agrícolas	269,6	15,8
Bosque	12,5	0,7
Áreas industriais	12,2	0,7
Loteamento para moradia	117,7	6,9
Macega	13,4	0,8
Mata	31,3	1,8
Mineração	31,8	1,9
Moradia de alta densidade	24,2	1,4
Moradia de baixa densidade	178,2	10,5
Pastagem	386,7	22,7
Pasto sujo	243,3	14,3
Reflorestamento	267,4	15,7
Represa	27,8	1,6
Solo exposto	59,9	3,5
Várzea	25,4	1,5

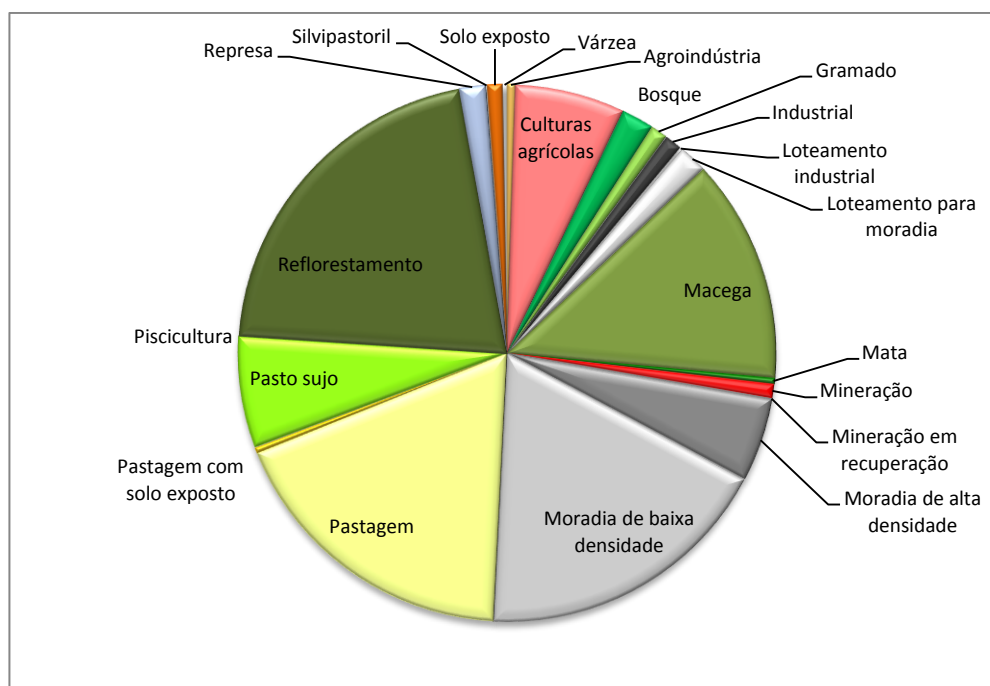


Figura 25 – Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 2013.

Tabela 7 – Classes de uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais em 2013.

Classes de uso e ocupação do solo em 2013	Área (ha)	Área (%)
Agroindústria	9,6	0,5
Culturas agrícolas	128,7	6,6
Bosque	38,2	2,0
Gramado	19,9	1,0
Industrial	20,2	1,0
Loteamento industrial	3,5	0,2
Loteamento para moradia	33,2	1,7
Macega	262,6	13,5
Mata	7,3	0,4
Mineração	16,5	0,8
Mineração em recuperação	1,0	0,1
Moradia de alta densidade	98,5	5,1
Moradia de baixa densidade	351,5	18,0
Pastagem	353,9	18,1
Pastagem com solo exposto	6,8	0,3
Pasto sujo	131,0	6,7
Piscicultura	0,6	0,0
Reflorestamento	411,2	21,1
Represa	31,2	1,6
Silvipastoril	1,8	0,1
Solo exposto	17,4	0,9
Várzea	5,2	0,3

Fonte: FENGLER (2014)

3.2.3.4 Remanescentes florestais

As Figuras 26, 27 e 28 mostram a evolução dos remanescentes florestais nos períodos compreendidos entre 1972 à 2001, 2001 à 2013 e 1972 à 2013. A classe “mata remanescente” corresponde aos fragmentos florestais que permaneceram inalterados durante o período de análise. A classe “áreas desmatadas” correspondem às regiões ocupadas por outras classes de uso e ocupação do solo e a classe “mata regenerante” compreende as áreas que voltaram a constituir fragmentos florestais, seja pelo processo de regeneração natural como pelo antrópico.

No período 46,2% dos fragmentos florestais existentes em 1972 foram convertidos em outras classes de uso e ocupação do solo, 56,1% constituem remanescentes do processo de ocupação da bacia hidrográfica e 44,0% fragmentos florestais resultantes do processo de

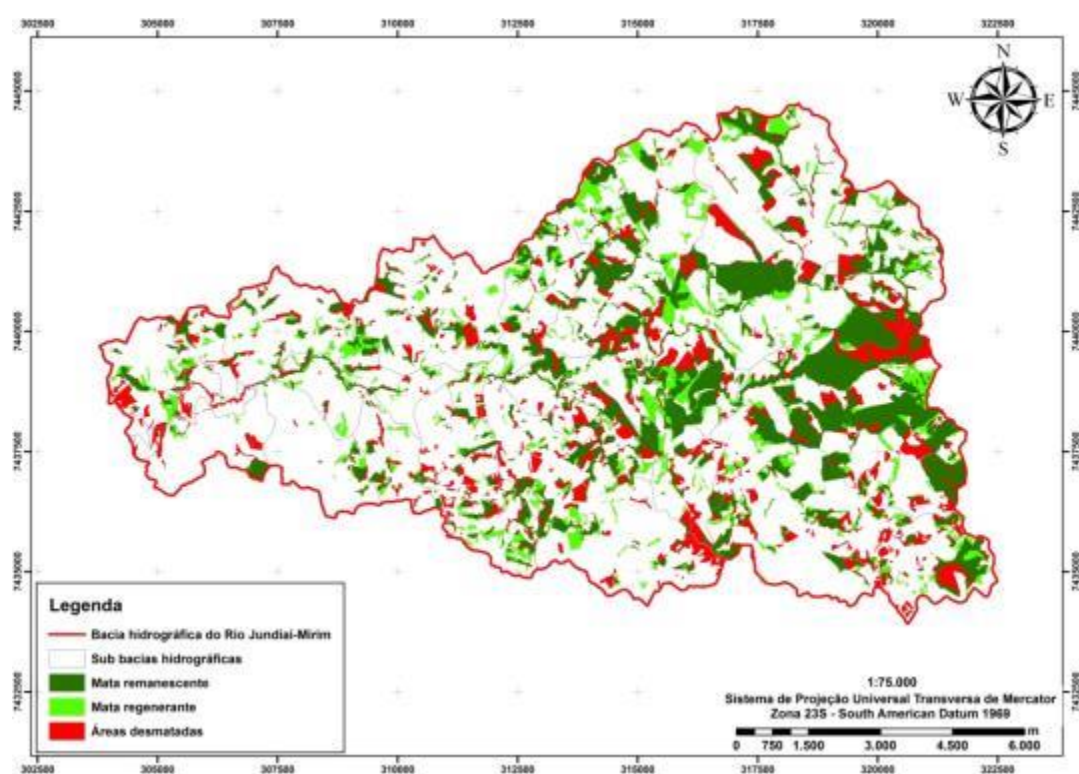
regeneração (Tabela 8). As taxas de desmatamento e regeneração anual correspondem a 33,7 e 32,0 ha/ano respectivamente.

O período com maior porcentagem de áreas desmatadas e regenerantes corresponde ao entre 1972 e 2001, dado o lapso temporal de 29 anos. Observaram-se taxas de 38,4 ha/ano para o desmatamento e 31,6 ha/ano para regeneração.

Entre 2001 e 2013 identificaram-se as maiores taxas, de 39,2 ha/ano para desmatamento e 55,0 ha/ano para regeneração. Os resultados revelam que o processo de desmatamento é contínuo na série histórica e se mantém no período recente, com ligeira intensificação.

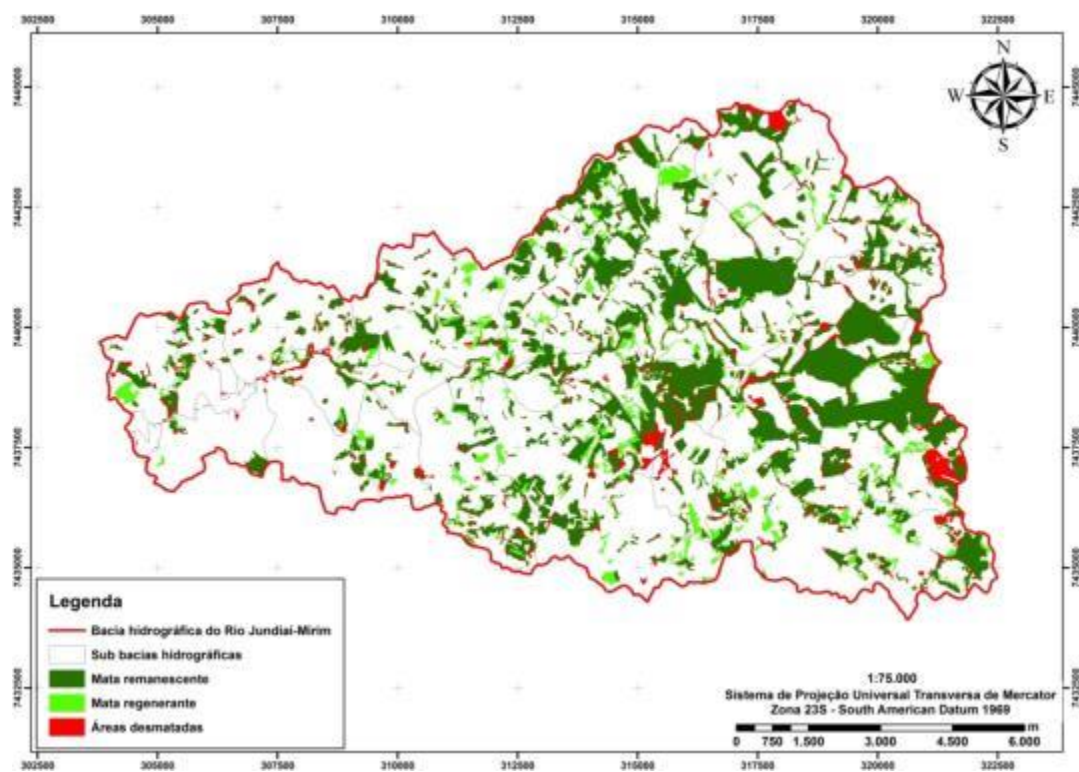
Tabela 8 - **Balanço dos remanescentes florestais entre 1972 e 2013.**

Evolução da vegetação	Balanço entre 1972 e 2001		Balanço entre 2001 e 2013		Balanço entre 1972 e 2013	
	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%
<i>Mata regenerante</i>	916,0	32,7	660,5	22,1	1313,5	44,0
<i>Mata remanescente</i>	1882,0	67,3	2327,7	77,9	1674,7	56,1
<i>Áreas desmatadas</i>	1114,0	39,8	470,2	15,7	1381,9	46,2



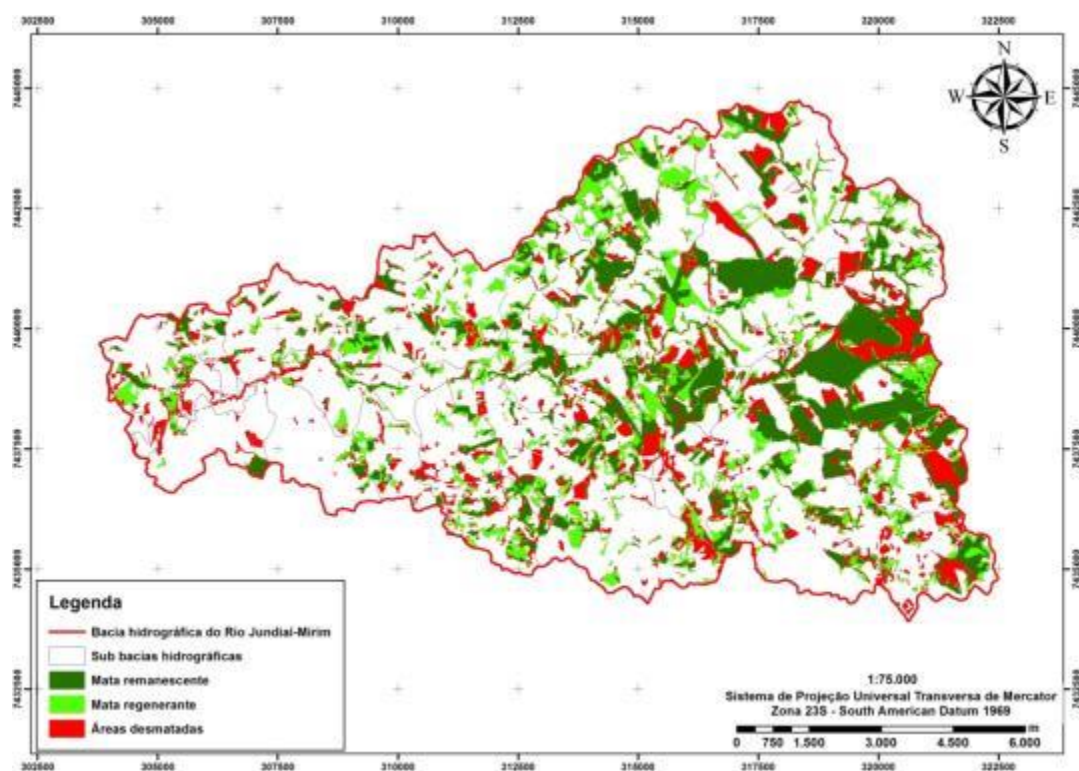
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 26 – **Evolução dos remanescentes florestais entre 1972 e 2001.**



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 27 – Evolução dos remanescentes florestais entre 2001 e 2013.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 28 – Evolução dos remanescentes florestais entre 1972 e 2013.

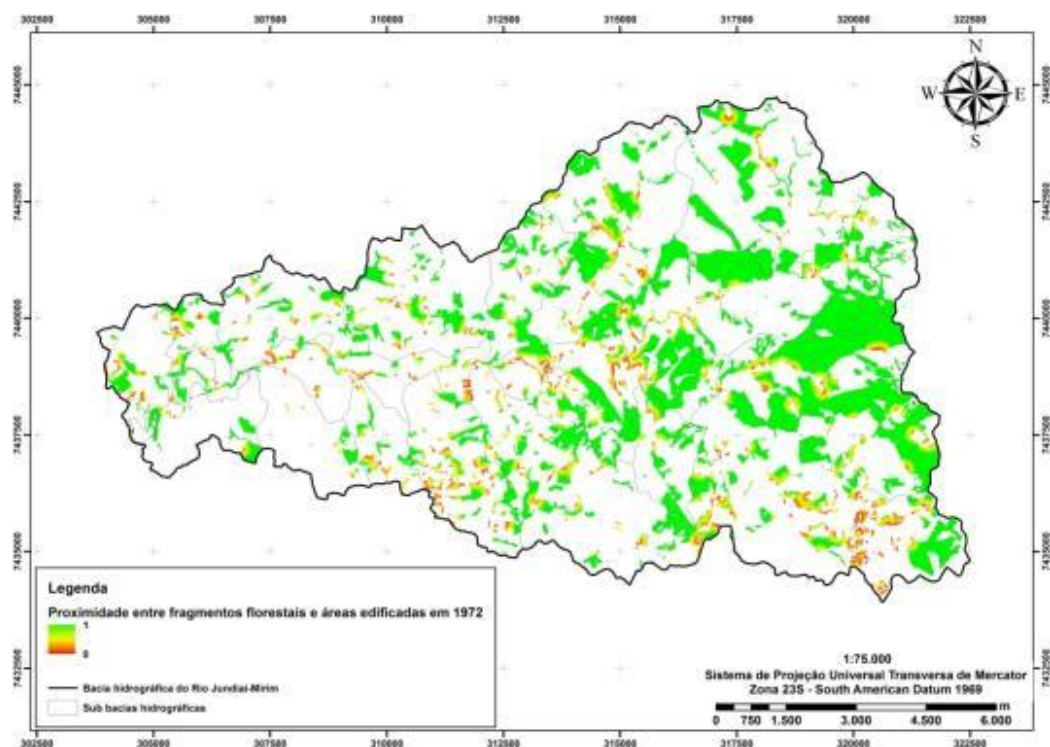
3.3 Indicadores de Perturbação Ambiental

A seção apresenta a evolução dos nove indicadores de perturbação ambiental que são integrados para a obtenção da qualidade ambiental dos fragmentos florestais, em 1972, 2001 e 2013. Os indicadores mostram nas áreas florestais os diferentes níveis de perturbação consequentes do uso e ocupação da bacia hidrográfica. Sua análise possibilitou verificar a coerência dos Mapas de qualidade ambiental dos fragmentos florestais gerados para os respectivos períodos por meio da Análise Multicritério.

3.3.1 Proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas

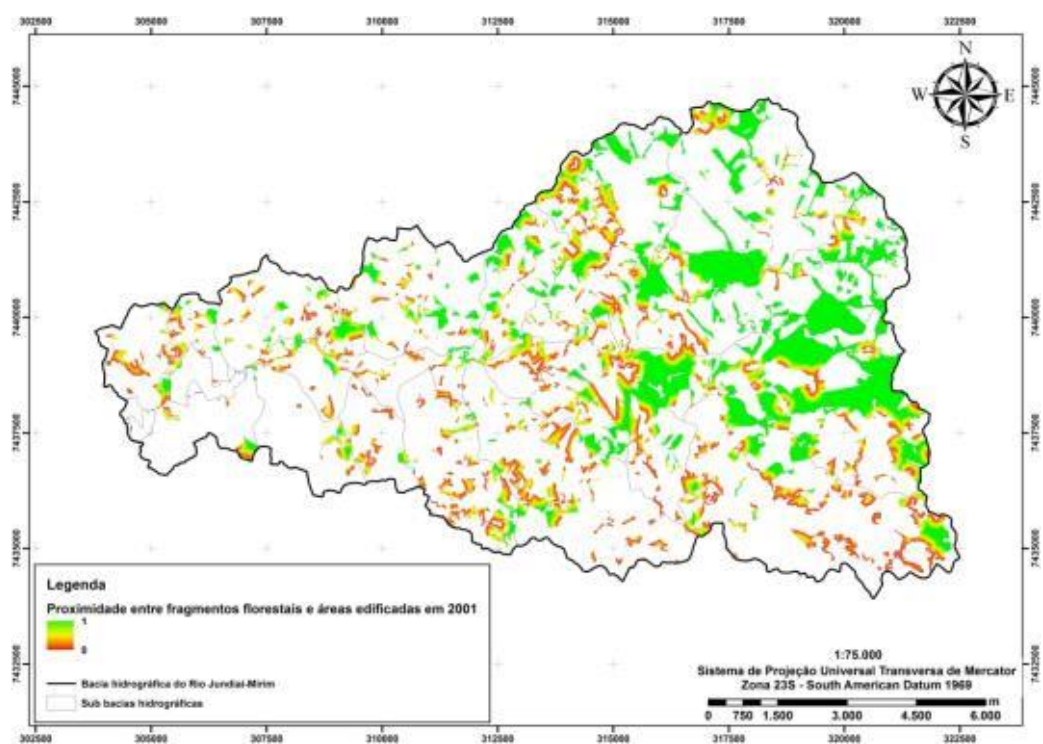
As Figuras 29, 30 e 31 mostram a evolução do indicador que relaciona a perturbação ambiental com a proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas.

O indicador estabelece que quanto maior a proximidade com as áreas edificadas, maior a perturbação ambiental das áreas florestais, considerando que em distâncias superiores a 200m não existem efeitos sobre a vegetação natural. São apresentados apenas os fragmentos florestais de cada período e os valores entre 0 e 1 denotam o nível de perturbação ambiental em seu interior, quanto menor o valor maior a perturbação ambiental.



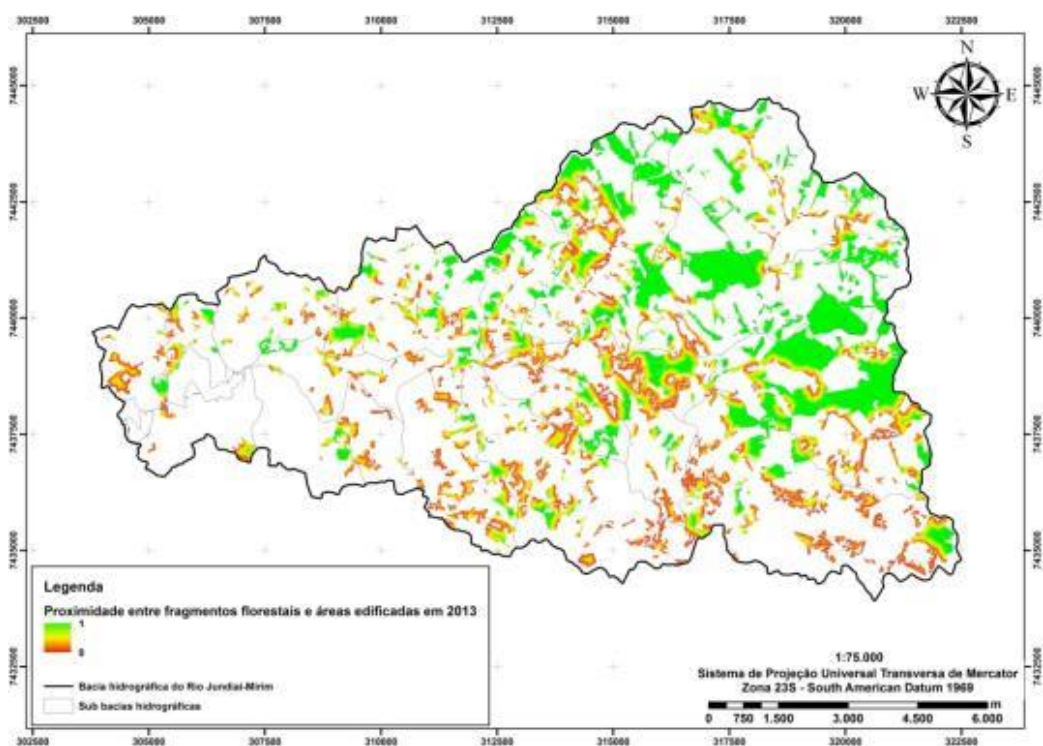
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 29 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 30 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 31 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 2013.

As Figuras 32, 33 e 34 apresentam as distribuições de frequência para cada data, os valores estão expressos em porcentagem da área total dos fragmentos florestais. Os resultados mostram duas tendências caracterizando os períodos, em 1972 as áreas edificadas se encontravam afastadas dos fragmentos florestais (Figura 28) enquanto em 2001 e 2013 se encontram próximas (Figuras 29 e 30). Evidencia-se ao longo do tempo o acúmulo de uma maior quantidade de valores próximos a 0.

Os fragmentos florestais distantes com distância superior a 200m das áreas edificadas, que assumem o valor 1, apresentaram diminuição, passando de 69,8% em 1972 para 43,0% em 2001 e 36,7% em 2013. Os resultados revelam a ocupação das regiões próximas aos fragmentos florestais por áreas edificadas.

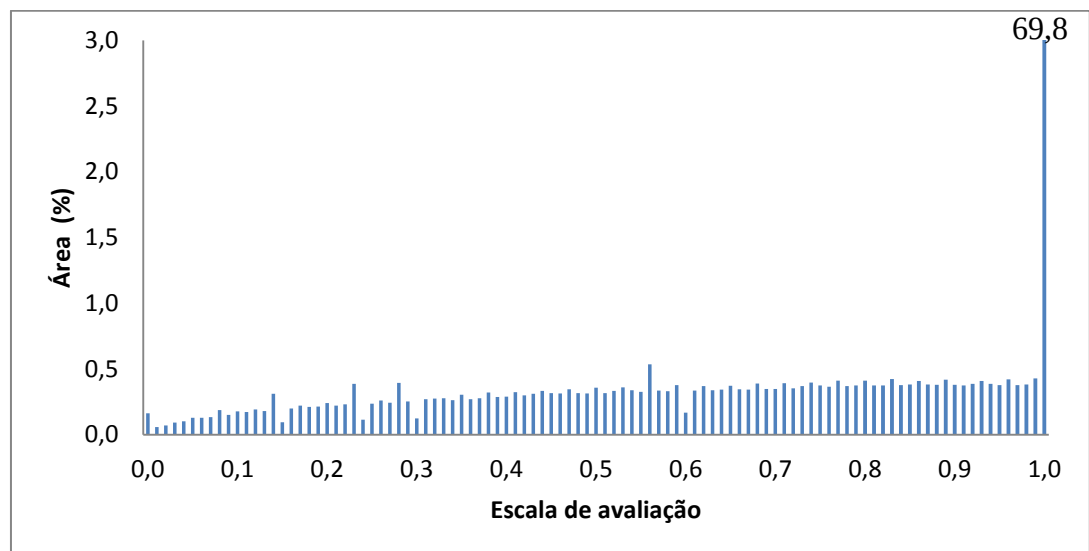


Figura 32 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 1972.

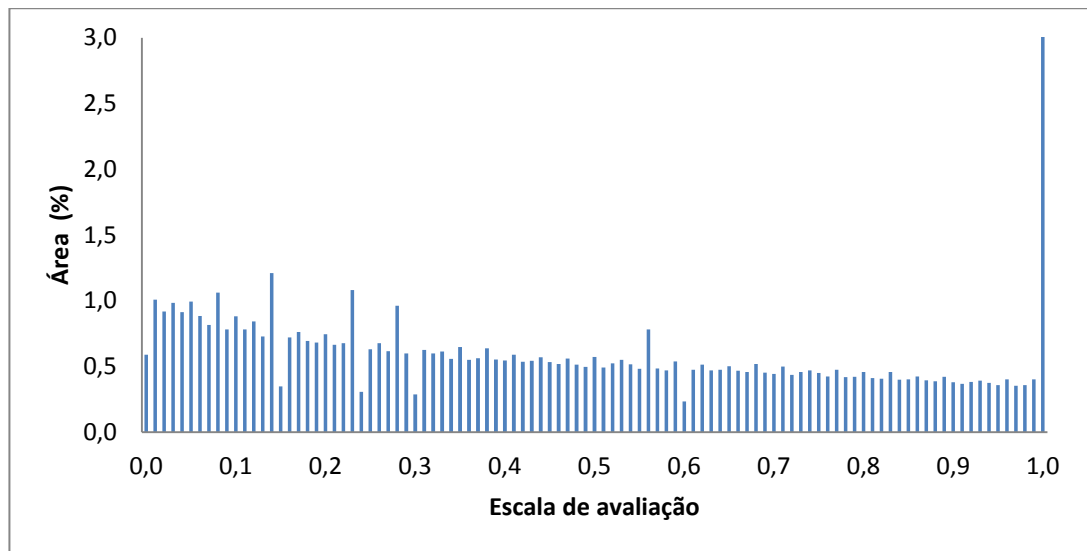


Figura 33 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 2001.

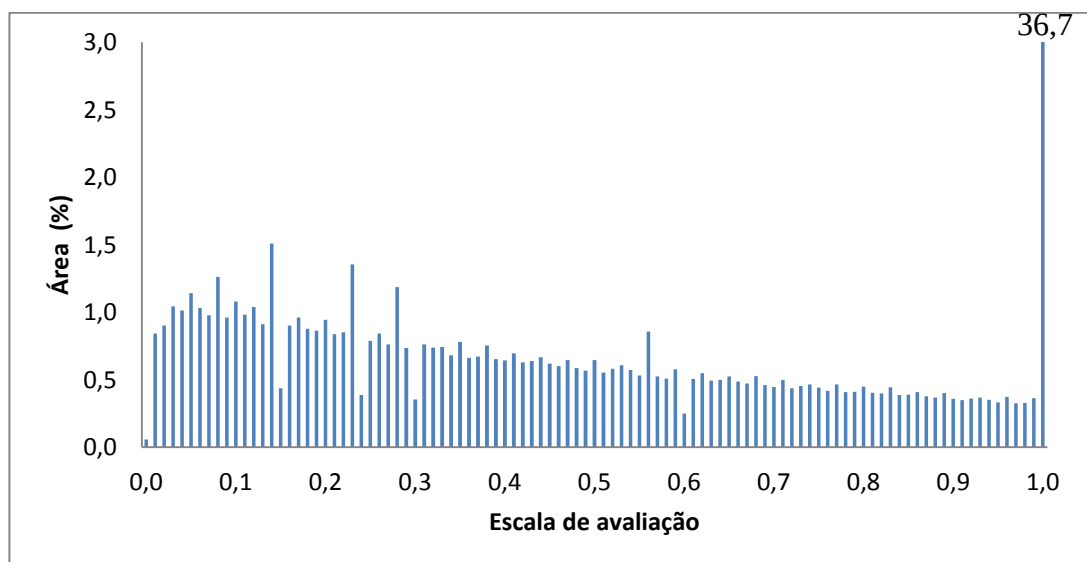


Figura 34 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e áreas edificadas de 2013.

3.3.2 Proximidade entre fragmentos florestais e malha viária

As Figuras 35, 36 e 37 mostram os Mapas de proximidade entre fragmentos florestais e malha viária. O indicador estabelece que quanto maior a proximidade com a malha viária, maior a perturbação ambiental das áreas florestais, assumindo que em distâncias superiores a 200m não existem efeitos sobre a vegetação natural.

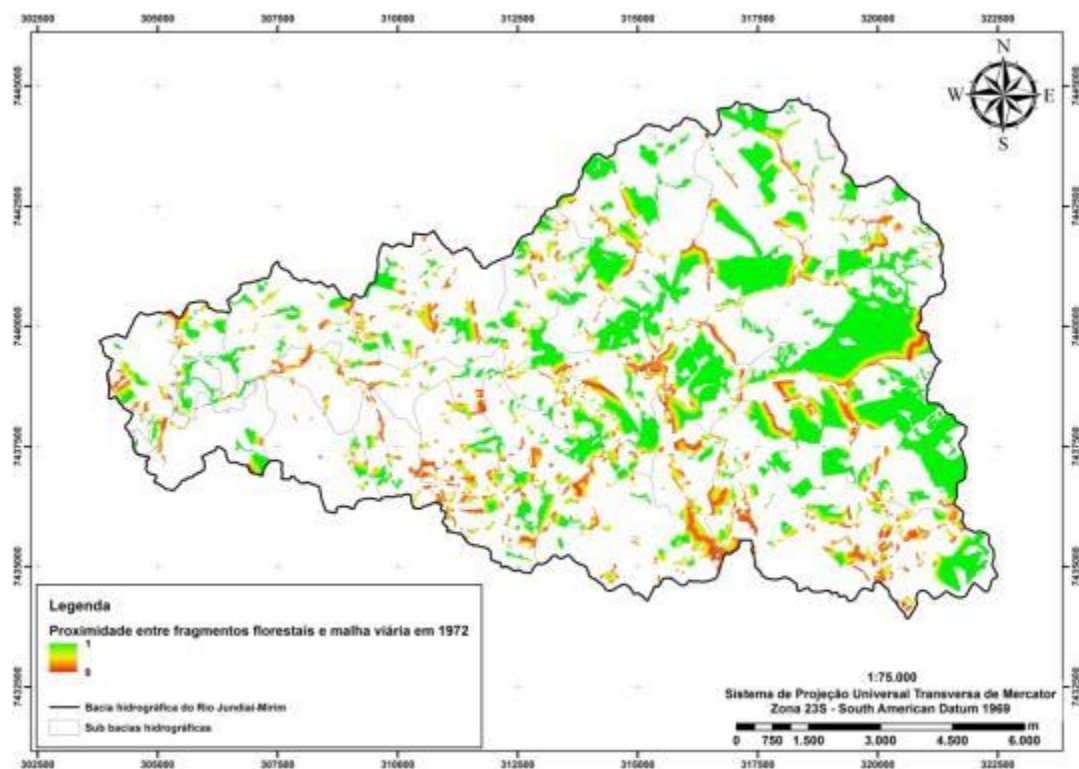
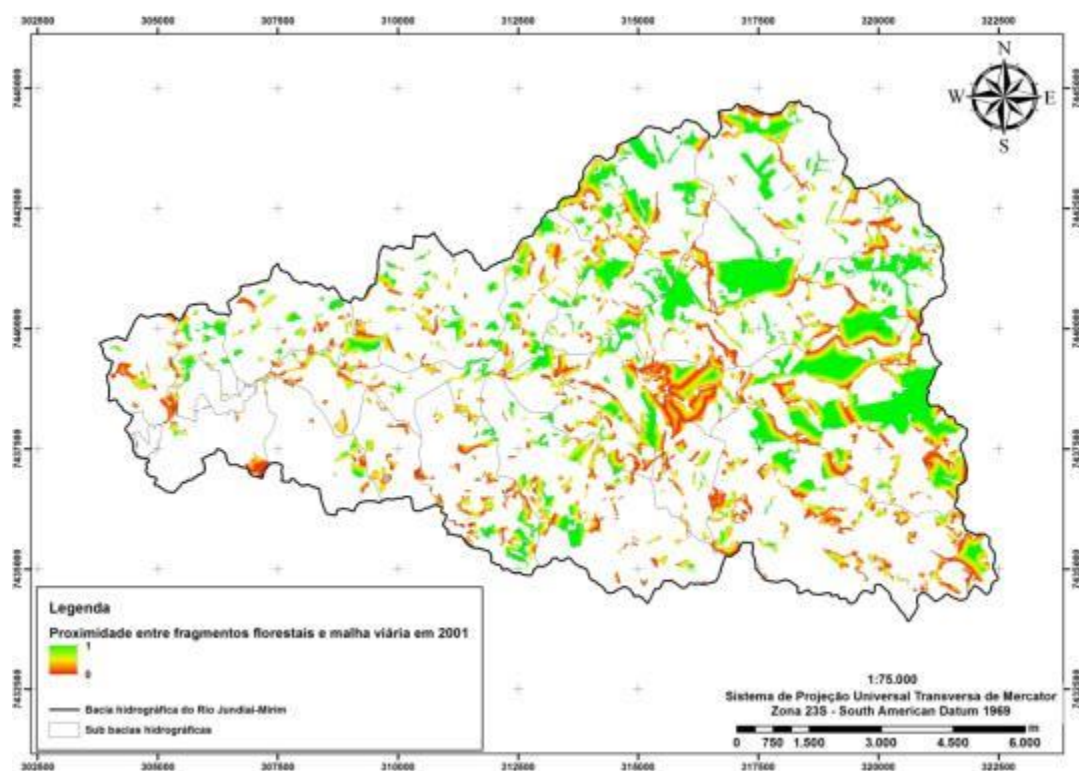
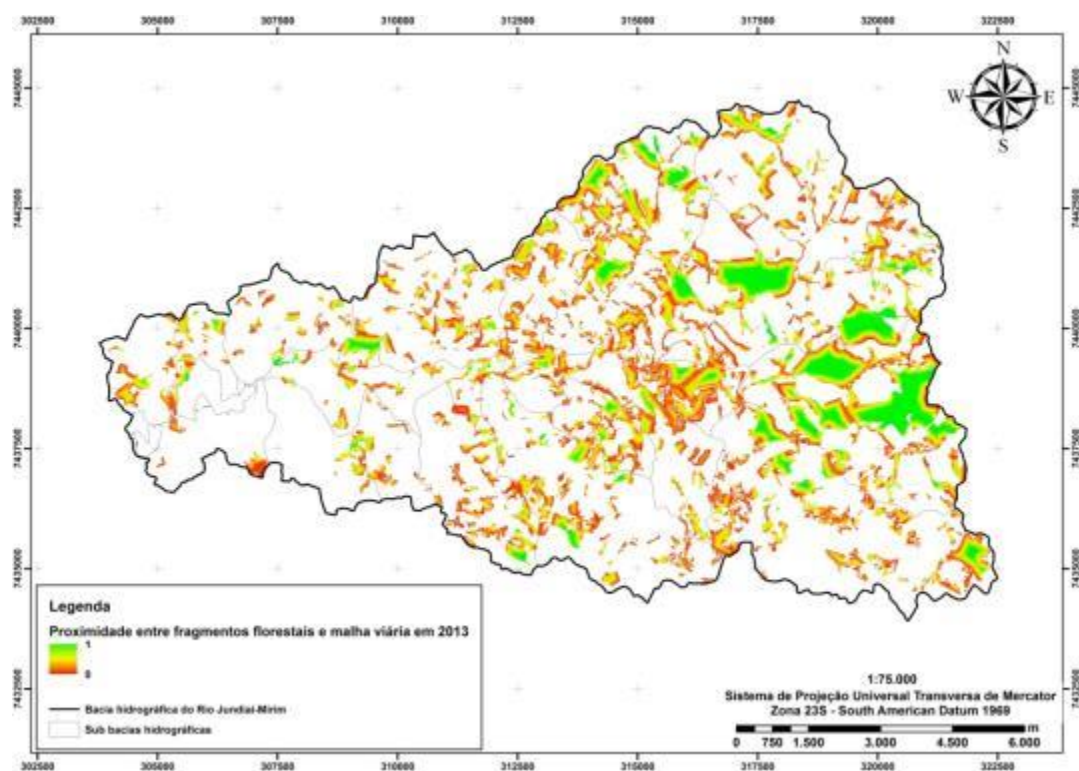


Figura 35 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e malha viária em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

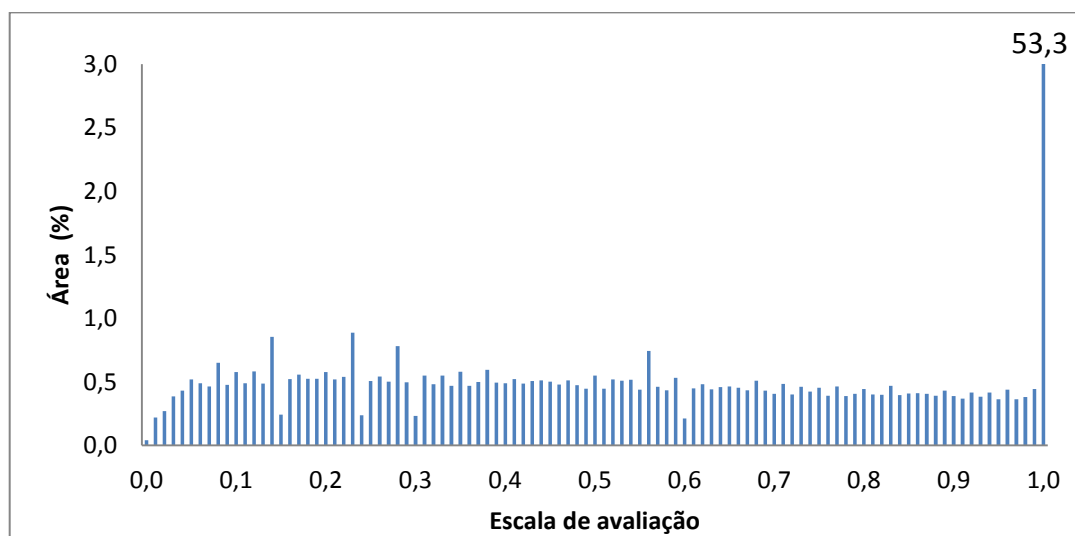
Figura 36 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e malha viária em 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 37 – Mapa de proximidade entre fragmentos florestais e malha viária em 2013.

As Figuras 34, 35 e 36 mostram uma tendência crescente de acúmulo dos valores na região próxima ao 0. Os fragmentos florestais distantes a 200m da malha viária apresentaram significativa diminuição, passando de 53,3% em 1972 para 29,5% em 2001 e 9,4% em 2013. Os resultados mostram que a malha viária tem se aproximado das áreas florestais, com diferenças expressivas entre 1972, 2001 e 2013.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 38 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e malha viária de 1972.

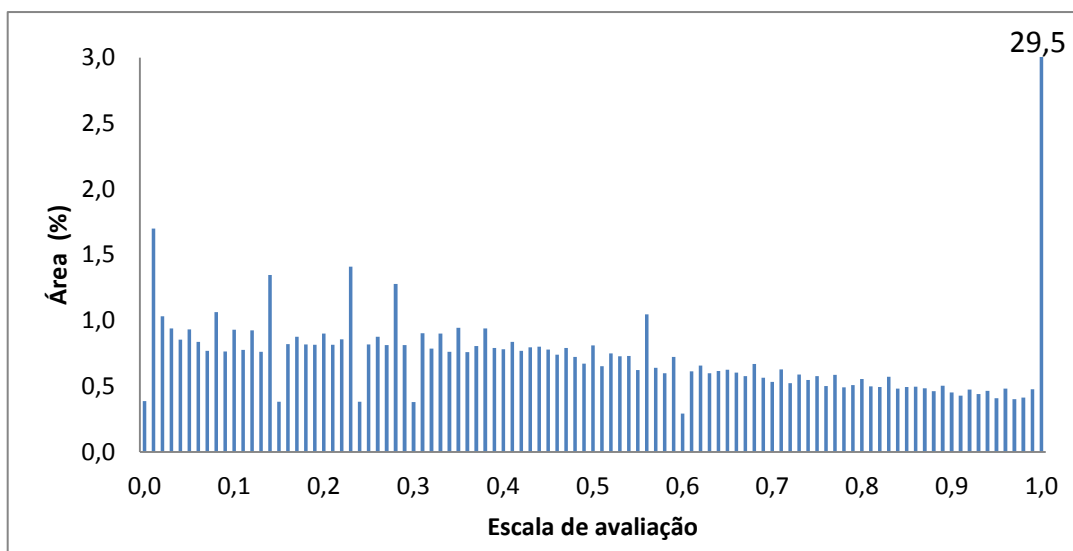


Figura 39 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e malha viária de 2001.

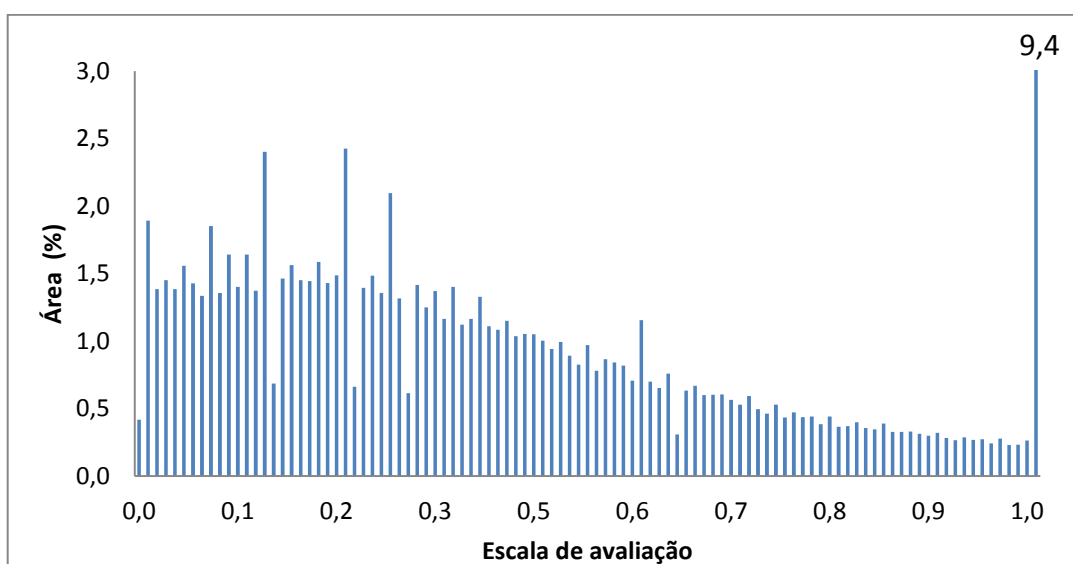
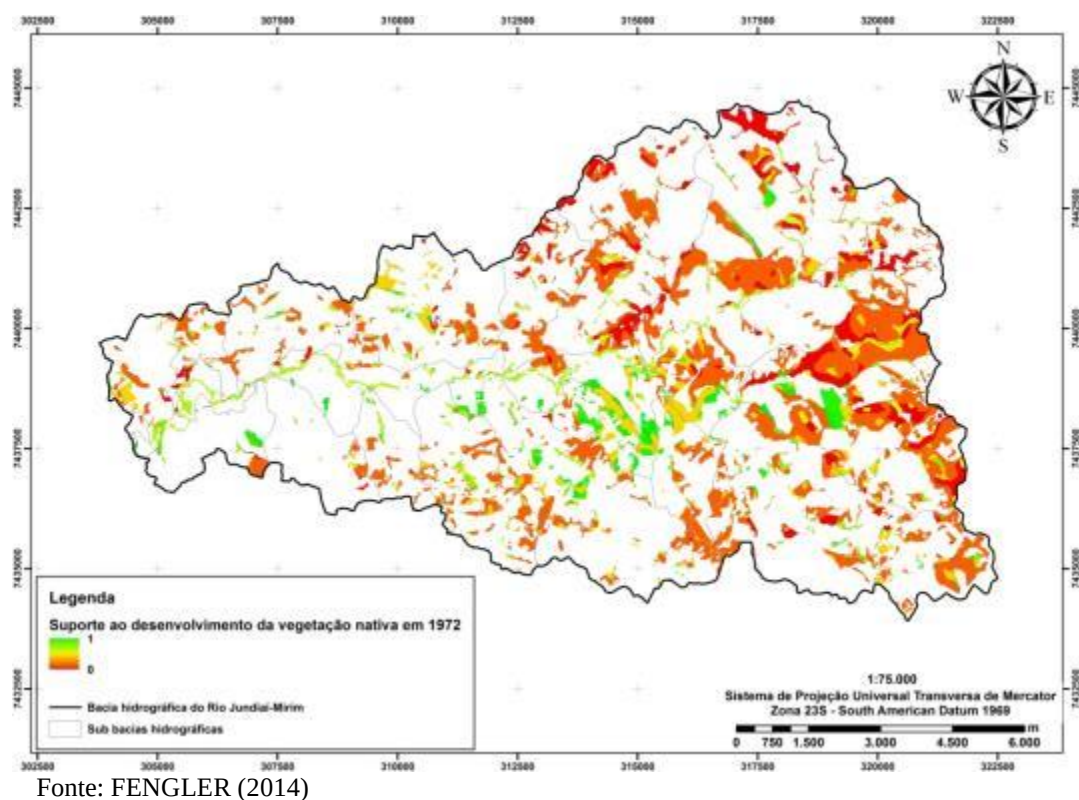


Figura 40 – Distribuição de frequências do Mapa de distância entre fragmentos florestais e malha viária de 2013.

3.3.3 Suporte ao desenvolvimento da vegetação nativa

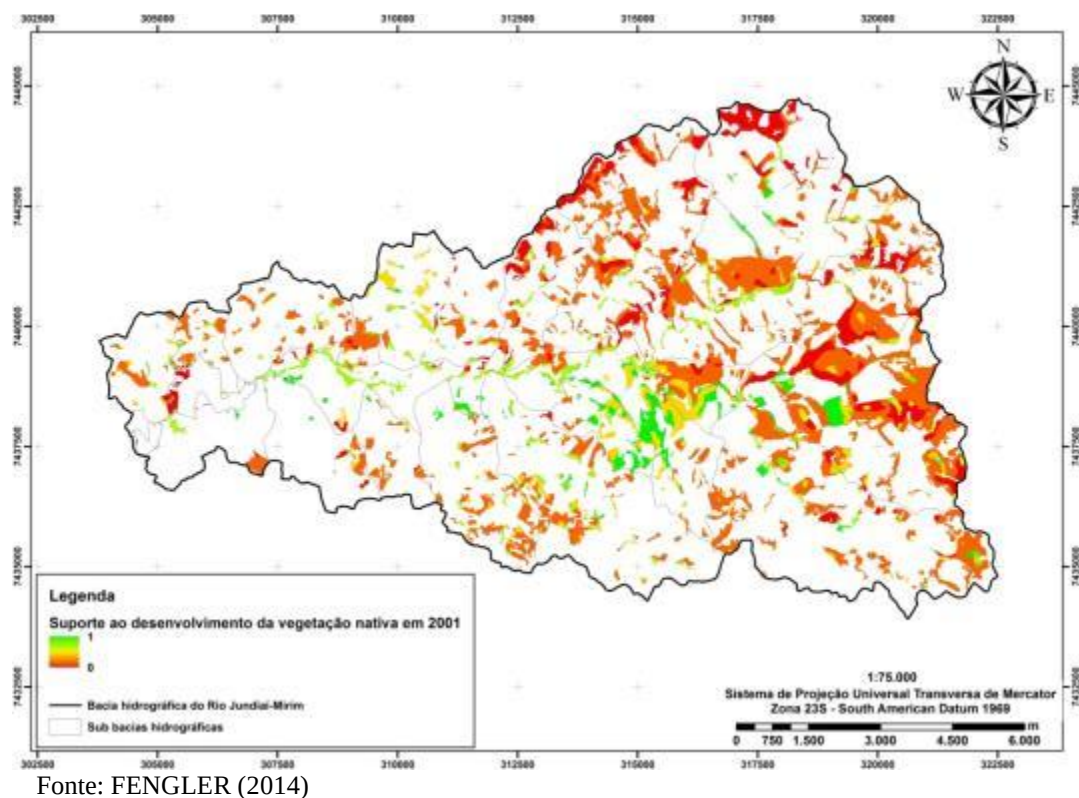
As Figuras 41, 42 e 43 apresentam os Mapas de suporte ao desenvolvimento da vegetação nativa. O indicador estabelece a relação entre as características físicas e químicas do solo com a resiliência da vegetação natural e sua capacidade de suportar pressões externas. As regiões representadas na cor vermelha, valores próximos a 0, mostram áreas ocupadas por fragmentos florestais que apresentam baixa aptidão do solo; as representadas pela cor verde, valores próximos a 1, áreas com características propícias ao desenvolvimento da vegetação; e

as de cor amarela, valores intermediários entre 0 e 1, áreas que apresentam algumas restrições relacionadas à fertilidade do solo, tipo de solo ou posição no relevo.



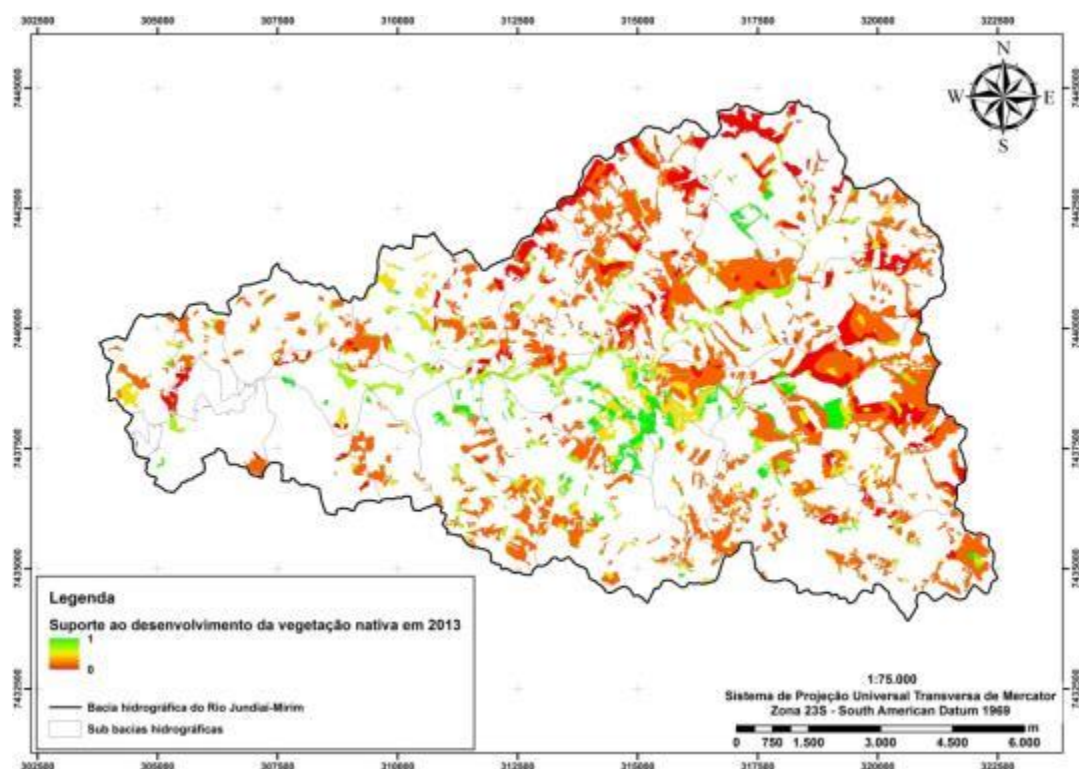
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 41 – Mapa de suporte ao desenvolvimento da vegetação em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 42 – Mapa de suporte ao desenvolvimento da vegetação em 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 43 – Mapa de suporte ao desenvolvimento da vegetação em 2013.

No período estudo observam-se ligeiras modificações nas características dos locais ocupados pelas áreas florestais. A Tabela 10 mostra um ligeiro aumento na porcentagem de área das classes de capacidade de uso das terras VIII e VII, bem como o decréscimo da classe IV.

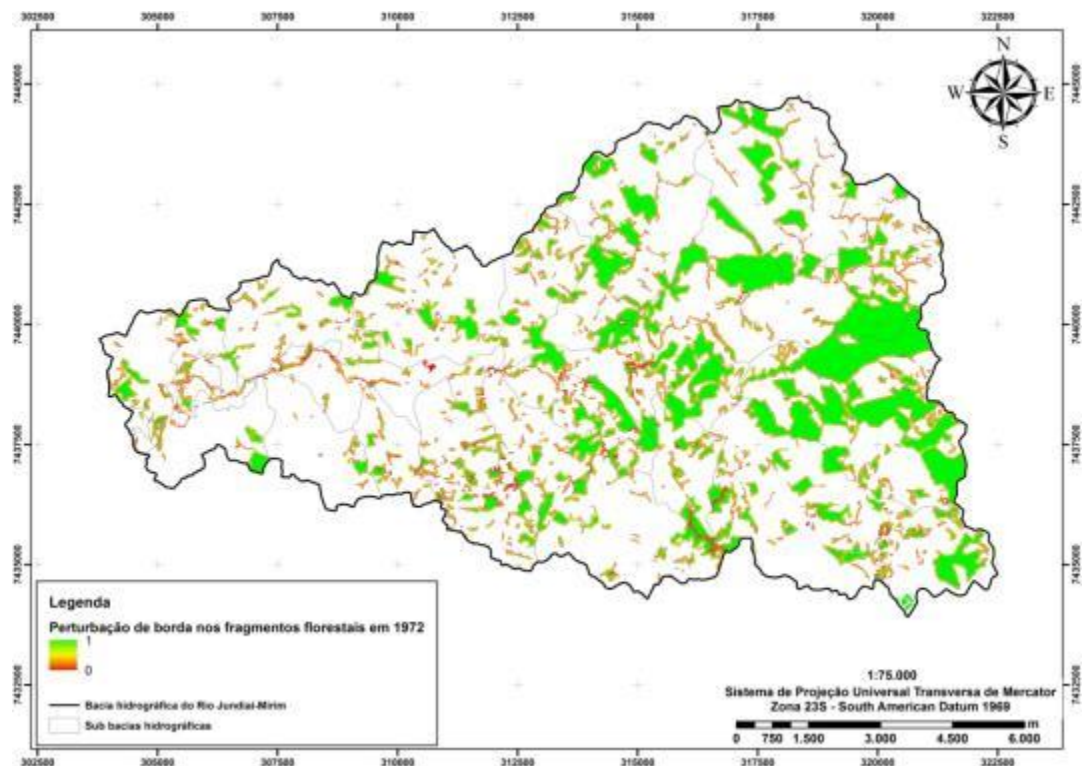
Os resultados mostram a mesma tendência observada por FREITAS (2012), em todo o período. Grande parte dos fragmentos florestais ocupam regiões de baixa aptidão (Classes VI, VII e VIII), com a destinação de áreas de maior potencial produtivo a outros usos.

Tabela 9 – Classes de capacidade de uso das terras ocupadas pelos fragmentos florestais.

Classes de suporte ao desenvolvimento da vegetação	Classes de capacidade de uso do solo		Fragmentos florestais em 1972 (%)	Fragmentos florestais em 2001 (%)	Fragmentos florestais em 2013 (%)
0,0 - 0,2	VIII	VIIefp	70,1	72,3	73,9
0,2 - 0,4	VIef	VIefp	14,5	11,6	11,4
0,4 - 0,6	VIe	Va	6,2	6,8	8,9
0,6 - 0,8	IVef	IVefp	8,8	9,0	5,4
0,8 - 1,0	IIIef	IIIefp IIIf IIf	0,3	0,4	0,4

3.3.4 Uso e ocupação do solo na borda dos fragmentos florestais

As Figuras 44, 45 e 46 mostram os Mapas de perturbação ambiental proveniente do uso e ocupação na borda dos fragmentos florestais. O indicador estabelece que as alterações nas características ambientais naturais decorrentes uso e ocupação do solo no entorno dos fragmentos florestais promovem modificações no ecossistema florestal, criando um ambiente perturbado, quanto mais próximo do valor 0 maior a perturbação ambiental.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 44 – Mapa de perturbação ambiental de borda dos fragmentos de 1972.

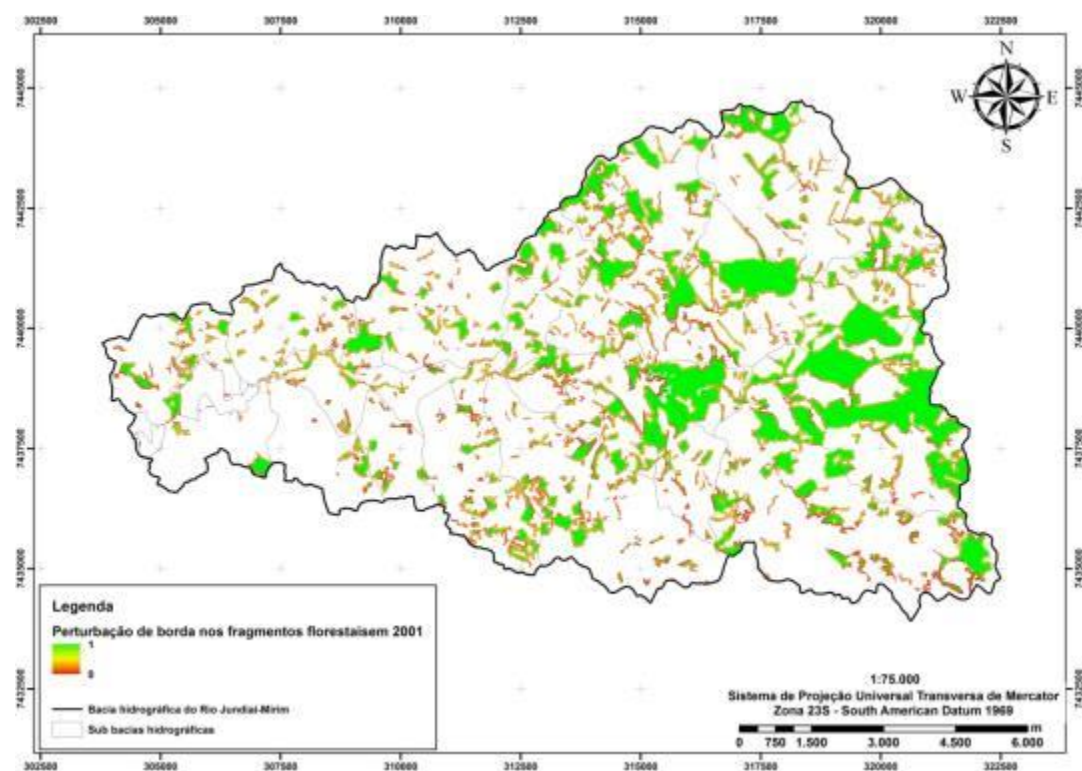


Figura 45 – Mapa de perturbação ambiental de borda dos fragmentos de 2001.

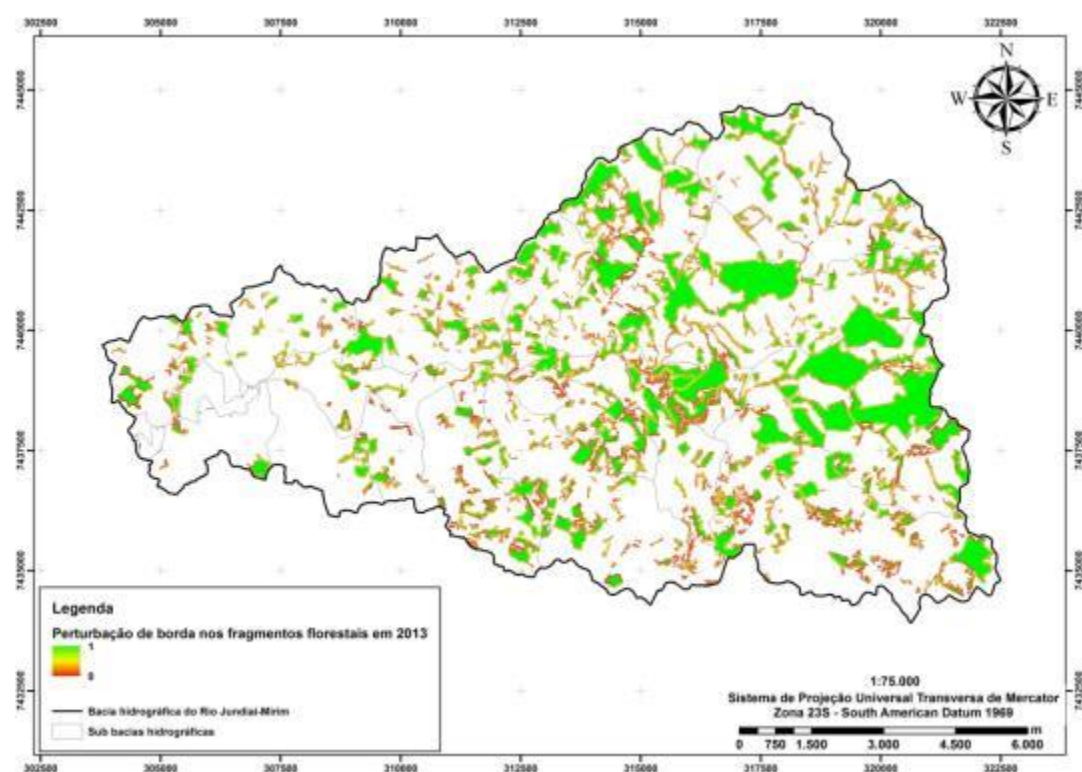


Figura 46 – Mapa de perturbação ambiental de borda dos fragmentos de 2013.

As modificações observadas no uso e ocupação do solo da região de borda refletiram no aumento na perturbação ambiental no período. As Figuras 47, 48 e 49 mostram que ao longo do tempo ocorre uma maior frequência de valores próximos ao 0, indicando que uma maior parte dos fragmentos florestais passou a apresentar um maior grau de perturbação ambiental.

Os resultados são explicados pela transição de classes rurais para urbanas, que promovem uma maior alteração nas características ambientais naturais, afetando com maior severidade as áreas florestais.

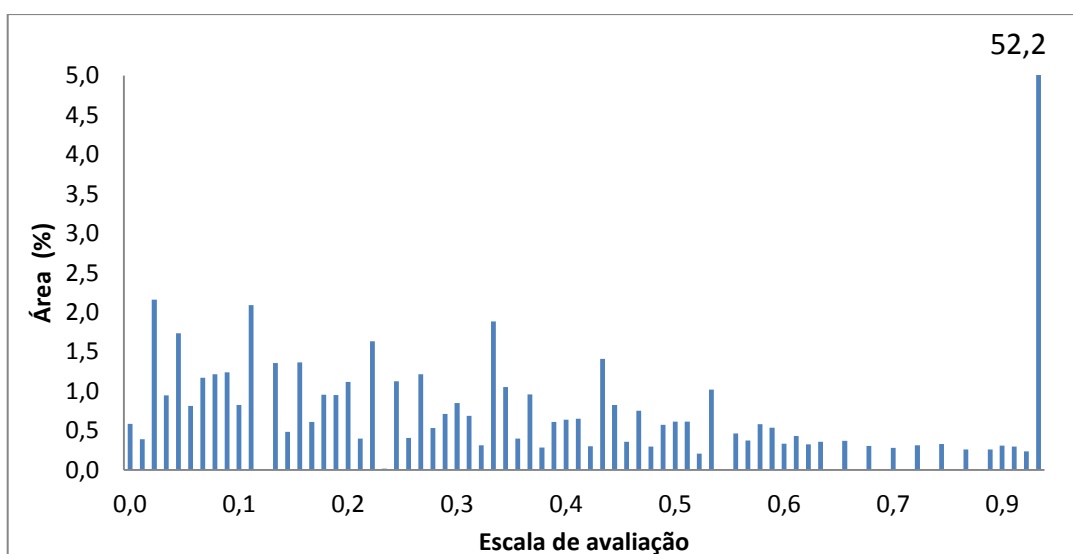


Figura 47 – Perturbação ambiental de borda dos fragmentos em 1972.

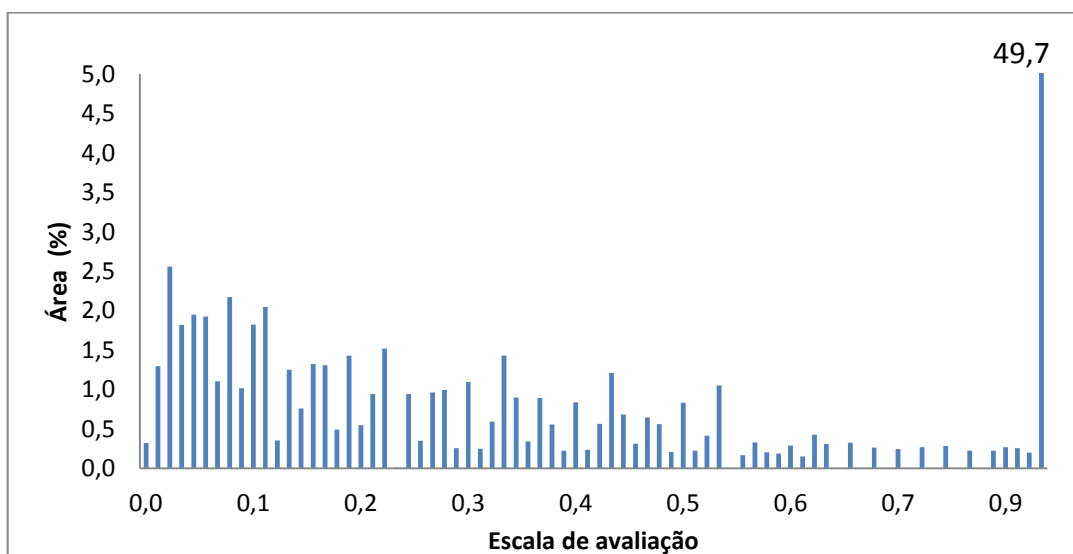


Figura 48 – Perturbação ambiental de borda dos fragmentos em 2001.

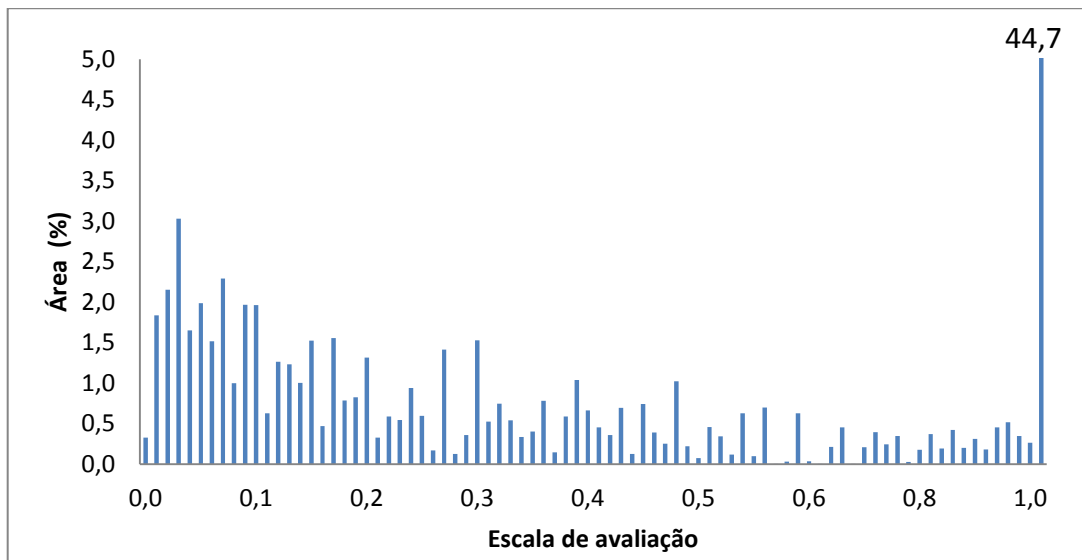


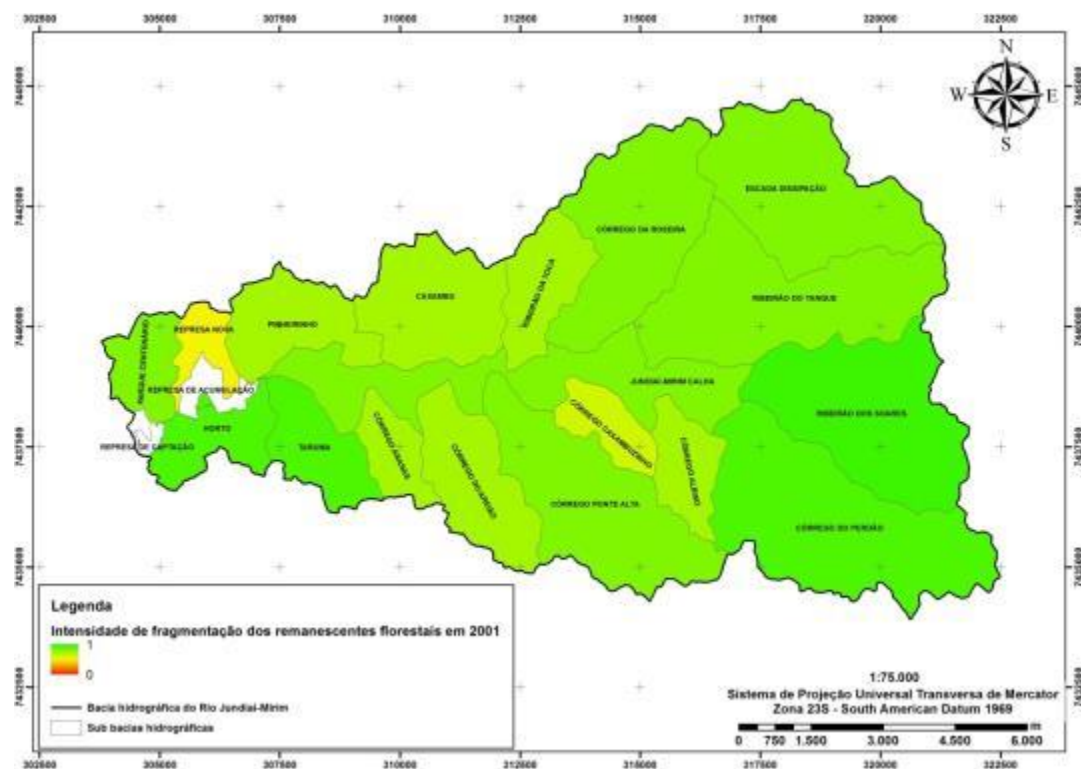
Figura 49 – **Perturbação ambiental de borda dos fragmentos em 2013.**

3.3.5 Fragmentação florestal das sub bacias hidrográficas

Nas Figuras 50, 51 e 52 mostram a evolução da intensidade de fragmentação florestal nas sub bacias hidrográficas. O indicador considera como condição ideal o ambiente natural, onde cada sub bacia hidrográfica apresentaria toda sua área ocupada pela vegetação natural, em apenas um maciço florestal.

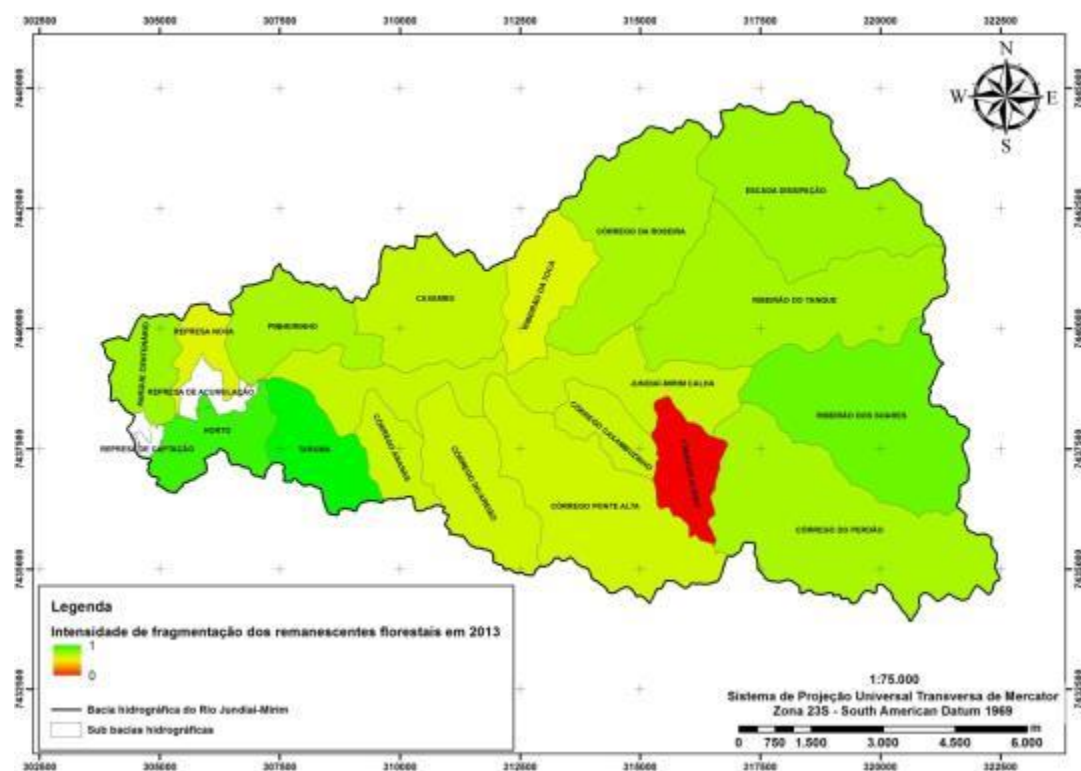
No sentido oposto a condição adversa considera um intenso processo de fragmentação da vegetação natural, com a presença de um elevado número de fragmentos florestais nas sub bacias hidrográficas. Quanto menor o valor maior a intensidade da fragmentação florestal.

O indicador exige a interpretação dos resultados integrada a outras informações, uma vez que a presença de apenas um fragmento florestal altamente perturbado, com baixa dimensão, alongado e baixa densidade florestal classificaria a sub bacia hidrográfica como próxima da condição ideal.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 51 – Mapa de fragmentação da vegetação nativa nas sub bacias hidrográficas de 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 52 – Mapa de fragmentação da vegetação nativa nas sub bacias hidrográficas de 2013.

Entre 2001 e 2013 14 das 18 sub bacias hidrográficas apresentaram aumento no número de fragmentos florestais, explicado pelo processo de fragmentação dos maciços florestais pela malha viária e a regeneração de novas áreas desconectadas.

Tabela 10 – Evolução da fragmentação florestal nas sub bacias hidrográficas.

Sub bacias hidrográficas	Área (há)	Nº de fragmentos florestais 1972	Nº de fragmentos florestais 2001	Nº de fragmentos florestais 2013	IF* em 1972	IF* em 2001	IF* em 2013
CAXAMBU	658,90	46,00	32,00	41,00	0,46	0,32	0,41
CÓRREGO ALBINO	288,70	12,00	16,00	44,00	0,27	0,36	1,00
CÓRREGO ANANAS	228,50	27,00	12,00	15,00	0,78	0,34	0,43
CÓRREGO CAXAMBUZINHO	228,30	20,00	14,00	15,00	0,57	0,4	0,43
CÓRREGO DA ROSEIRA	962,80	38,00	37,00	52,00	0,26	0,25	0,35
CÓRREGO DO AREIÃO	557,10	65,00	32,00	37,00	0,77	0,38	0,44
CÓRREGO DO PERDÃO	1381,90	83,00	36,00	73,00	0,39	0,17	0,35
CÓRREGO PONTE ALTA	1010,70	62,00	45,00	68,00	0,4	0,29	0,44
ESCADA DISSIPACÃO	1037,70	38,00	31,00	50,00	0,24	0,2	0,32
HORTO	319,20	10,00	7,00	6,00	0,21	0,14	0,12
CALHA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	946,10	52,00	32,00	60,00	0,36	0,22	0,42
PARQUE CENTENÁRIO	263,40	19,00	10,00	13,00	0,47	0,25	0,32
PINHEIRINHO	463,70	33,00	26,00	25,00	0,47	0,37	0,35
REPRESA NOVA	161,20	18,00	14,00	12,00	0,73	0,57	0,49
RIBEIRÃO DA TOCA	383,00	25,00	20,00	28,00	0,43	0,34	0,48
RIBEIRÃO DO TANQUE	1225,80	26,00	39,00	64,00	0,14	0,21	0,34
RIBEIRÃO DOS SOARES	1120,20	28,00	12,00	36,00	0,16	0,07	0,21
TARUMA	367,40	13,00	10,00	4,00	0,23	0,18	0,07

*IF representa a intensidade de fragmentação

3.3.6 Cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas

As Figuras 53, 54 e 55 mostram a evolução da cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas. Na condição ideal considera-se o ambiente natural, onde toda a área seria ocupada pela vegetação natural; a condição adversa representa o cenário oposto, onde não existem remanescentes florestais.

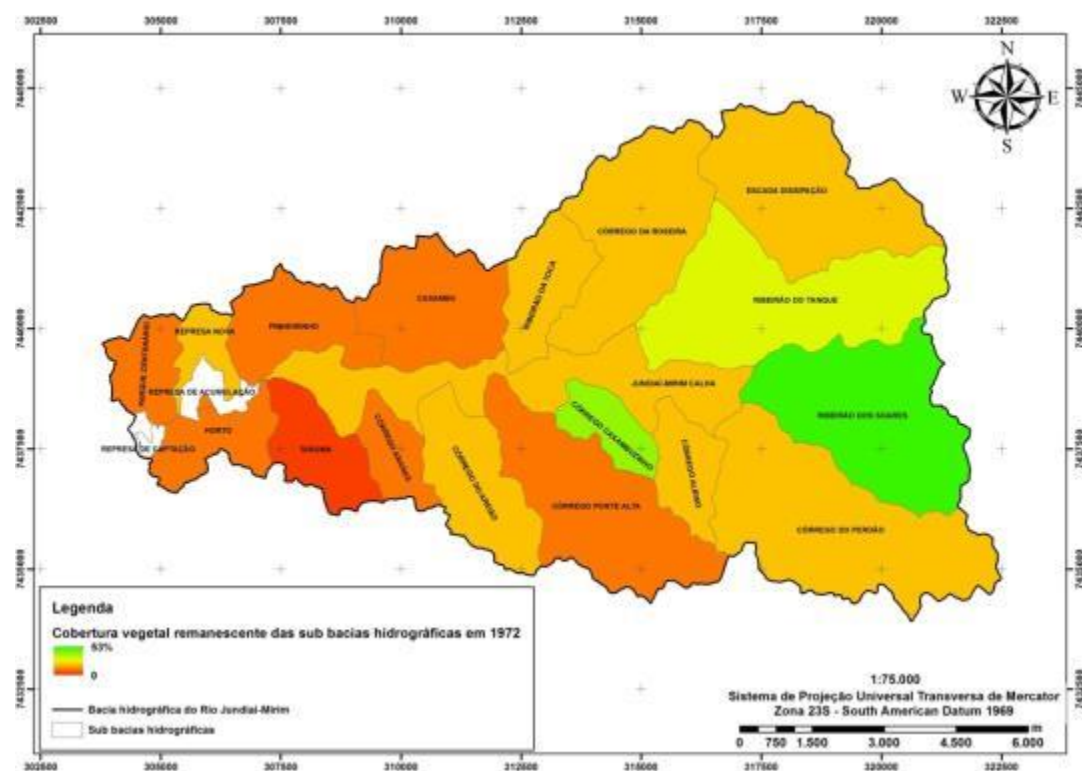
A Tabela 12 mostra a quantidade de vegetação natural existente em cada sub bacia hidrográfica. As sub bacias do Corrego da Roseira, Ribeirão da Toca e Calha do Rio Jundiá-Mirim apresentaram melhor evolução no período.

Em quatro sub bacias observou-se a diminuição da área ocupada pela vegetação natural entre 1972 e 2001 e posterior aumento entre 2001 e 2013. Outras sete apresentaram diminuição nos valores, e em outras sete verificou-se o aumento dessas áreas.

As sub bacias hidrográficas com maior porcentagem de vegetação natural em 1972 (Córrego Caxambuzinho e Ribeirão dos Soares) apresentaram diminuição e a com menor valor (Taruma) apresentou ligeiro aumento.

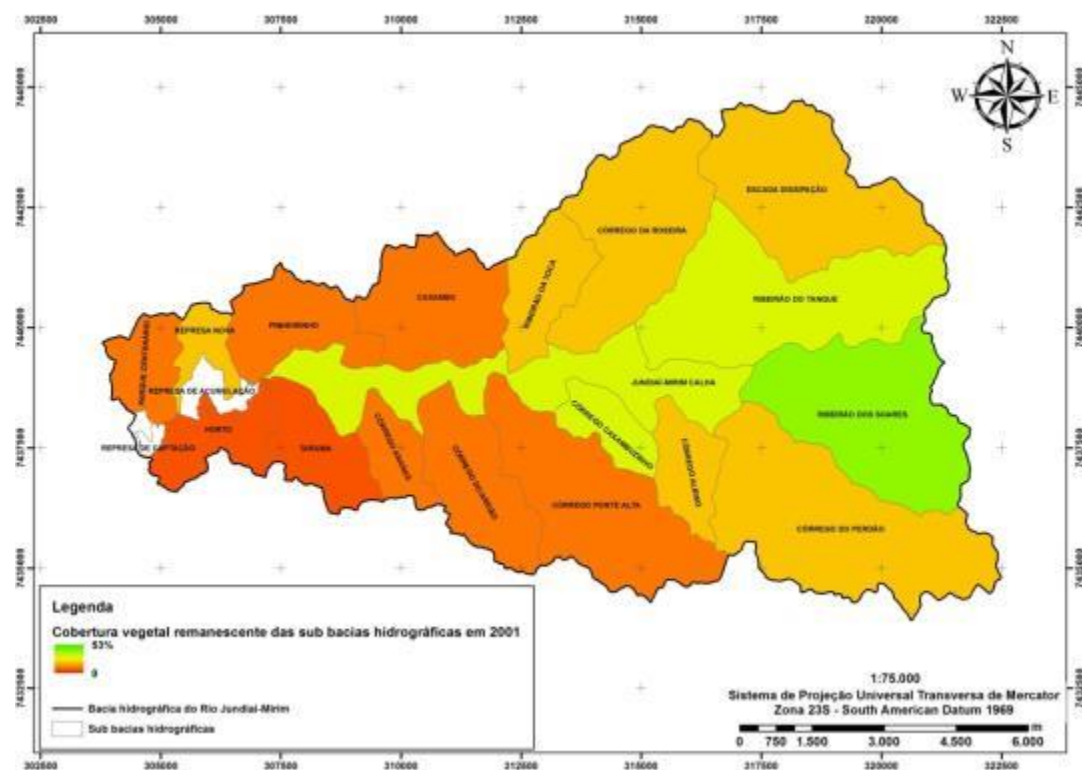
Tabela 11 – Área das sub bacias hidrográficas ocupadas pela vegetação natural.

Sub bacias hidrográficas	Área florestal em 1972		Área florestal em 2001		Área florestal em 2013	
	ha	%	ha	%	ha	%
CAXAMBU	98,8	15,0	85,7	13,0	112,0	17,0
CÓRREGO ALBINO	83,7	29,0	69,3	24,0	63,5	22,0
CÓRREGO ANANAS	29,7	13,0	25,1	11,0	29,7	13,0
CÓRREGO CAXAMBUZINHO	95,9	42,0	70,8	31,0	75,3	33,0
CÓRREGO DA ROSEIRA	211,8	22,0	279,2	29,0	337,0	35,0
CÓRREGO DO AREIÃO	111,4	20,0	100,3	18,0	111,4	20,0
CÓRREGO DO PERDÃO	331,7	24,0	290,2	21,0	331,7	24,0
CÓRREGO PONTE ALTA	181,9	18,0	141,5	14,0	181,9	18,0
ESCADA DISSIPAÇÃO	217,9	21,0	207,5	20,0	207,5	20,0
HORTO	31,9	10,0	19,2	6,0	19,2	6,0
CALHA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	255,4	27,0	283,8	30,0	302,8	32,0
PARQUE CENTENÁRIO	42,1	16,0	34,2	13,0	39,5	15,0
PINHEIRINHO	69,6	15,0	74,2	16,0	74,2	16,0
REPRESA NOVA	38,7	24,0	41,9	26,0	40,3	25,0
RIBEIRÃO DA TOCA	95,8	25,0	99,6	26,0	118,7	31,0
RIBEIRÃO DO TANQUE	465,8	38,0	429,0	35,0	429,0	35,0
RIBEIRÃO DOS SOARES	593,7	53,0	515,3	46,0	492,9	44,0
TARUMA	14,7	4,0	22,0	6,0	22,0	6,0



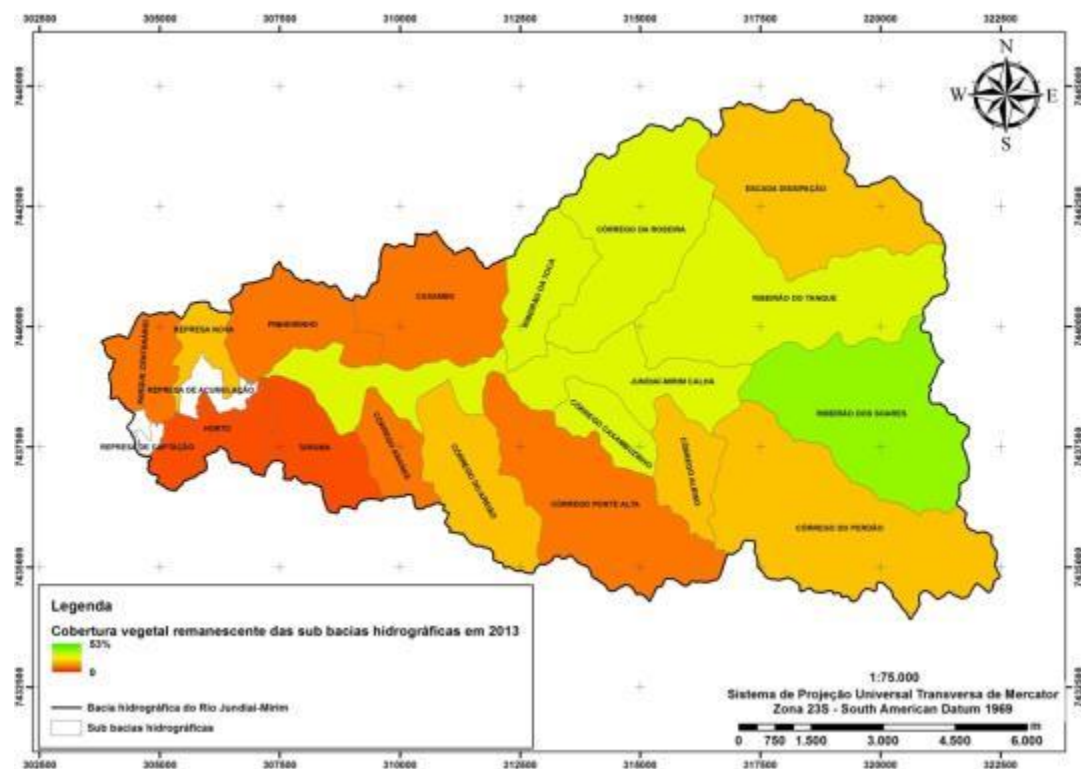
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 53 – Mapa de cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 54 – Mapa de cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas em 2001.

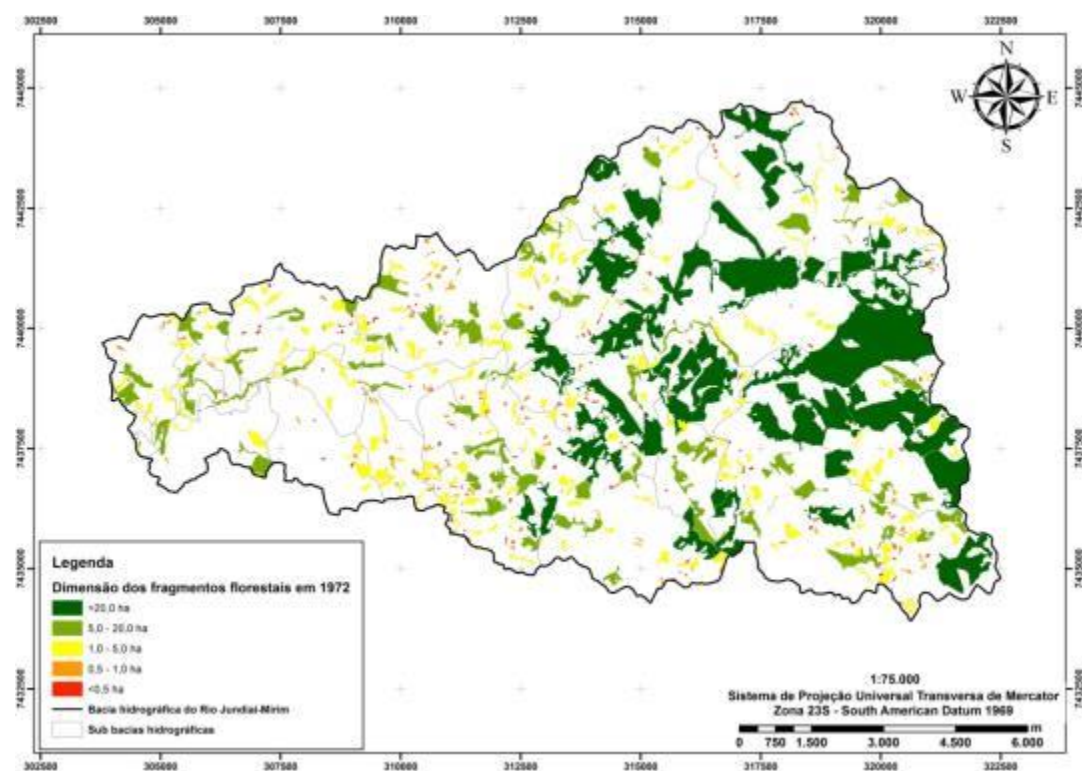


Fonte: FENGLER (2014)

Figura 55 – **Mapa de cobertura vegetal remanescente nas sub bacias hidrográficas em 2013.**

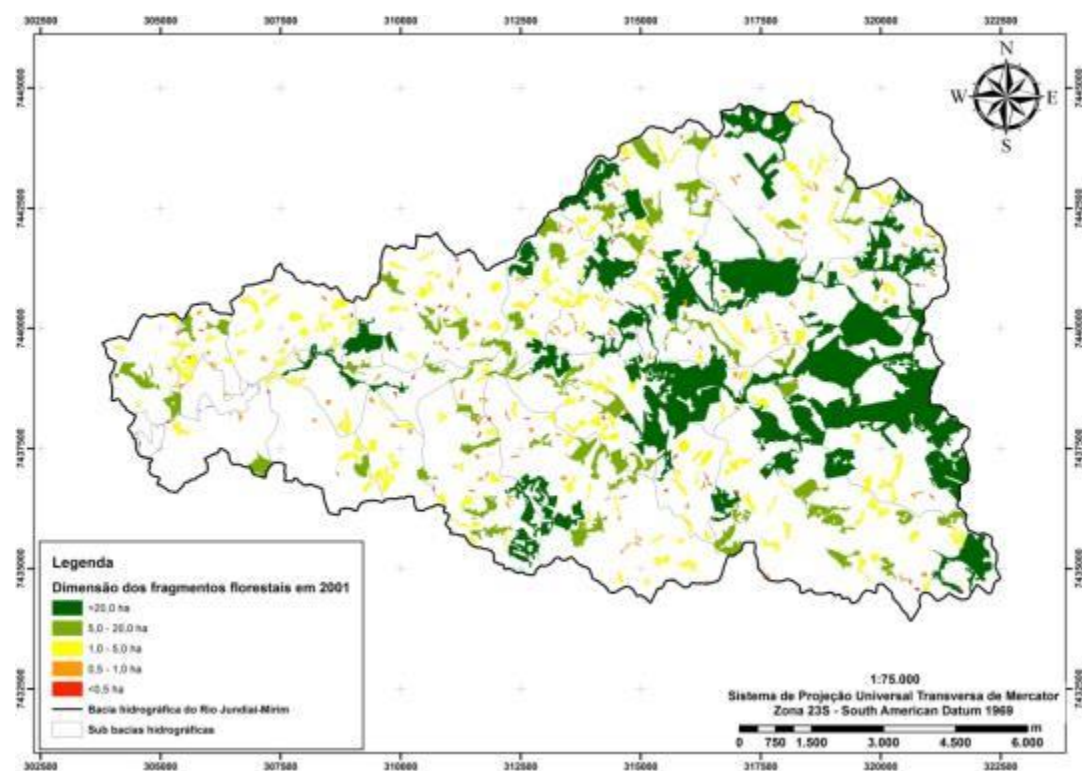
3.3.7 Dimensão dos fragmentos florestais

As Figuras 56, 57 e 58 mostram as alterações nas dimensões dos fragmentos florestais entre 1972 e 2013. O indicador estabelece que a intensidade da perturbação ambiental é maior em fragmentos florestais de baixa dimensão e menor em fragmentos florestais de maior dimensão.



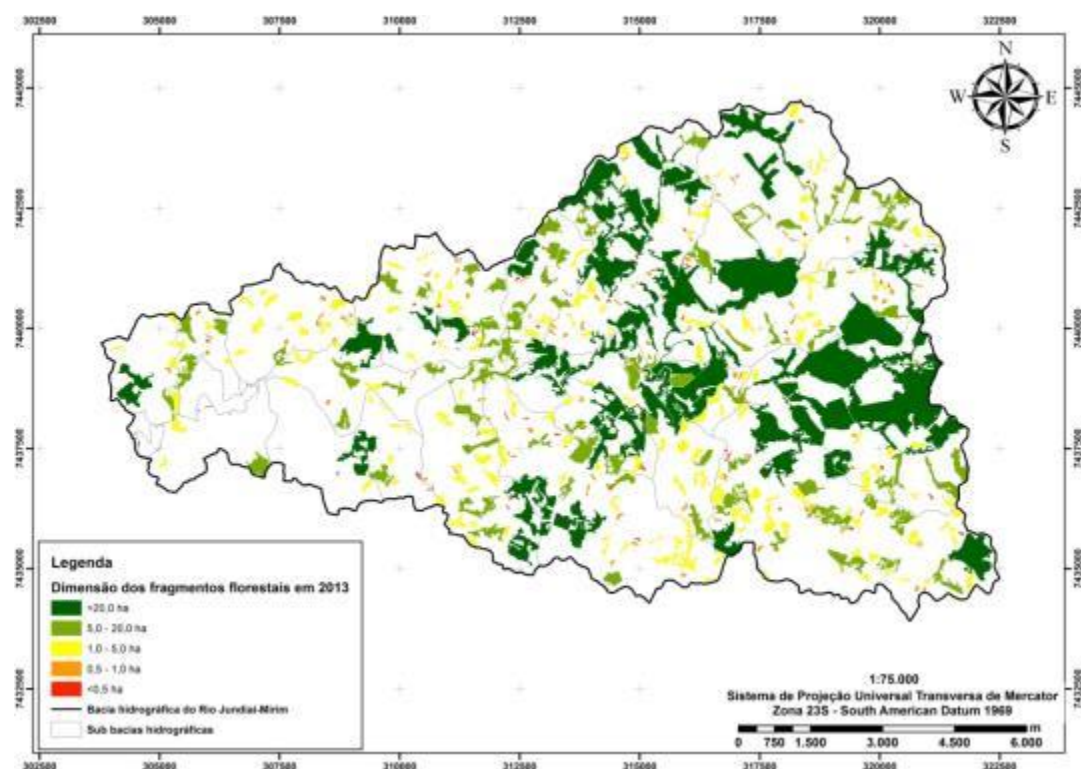
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 56 – Mapa de dimensão dos fragmentos florestais em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 57 – Mapa de dimensão dos fragmentos florestais em 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 58 – Mapa de dimensão dos fragmentos florestais em 2013

Observa-se na Tabela 13 a quantidade de fragmentos florestais correspondente a cada classe de dimensão e a área ocupada, a Figura 59 mostra as transições entre as classes ao longo do período de análise. Os fragmentos florestais de 1,0 a 5,0 ha apresentam-se predominantes em número e os superiores a 20,0 ha em área ocupada.

Tabela 12 – Modificações na dimensão dos fragmentos florestais entre 1972 e 2001.

Classes de dimensão	Fragmentos florestais em 1972		Fragmentos florestais em 2001		Fragmentos florestais em 2013	
	Área (ha)	Quantidade (%)	Área (ha)	Quantidade (%)	Área (ha)	Quantidade (%)
<0,5 ha	41	31,2	19,9	17,9	21,2	17,1
0,5 - 1,0 ha	67,3	18,9	65,5	22,2	57,1	18,1
1,0 - 5,0 ha	435,8	33,5	439,9	42,1	412,7	40,5
5,0 - 20,0 ha	603,5	12,4	552,5	13,5	667,1	17,1
>20 ha	1848,2	4	1720	4,3	1830	7,1
<i>Total</i>	2996,8	100,0	2798,8	100,0	2988,1	100,0

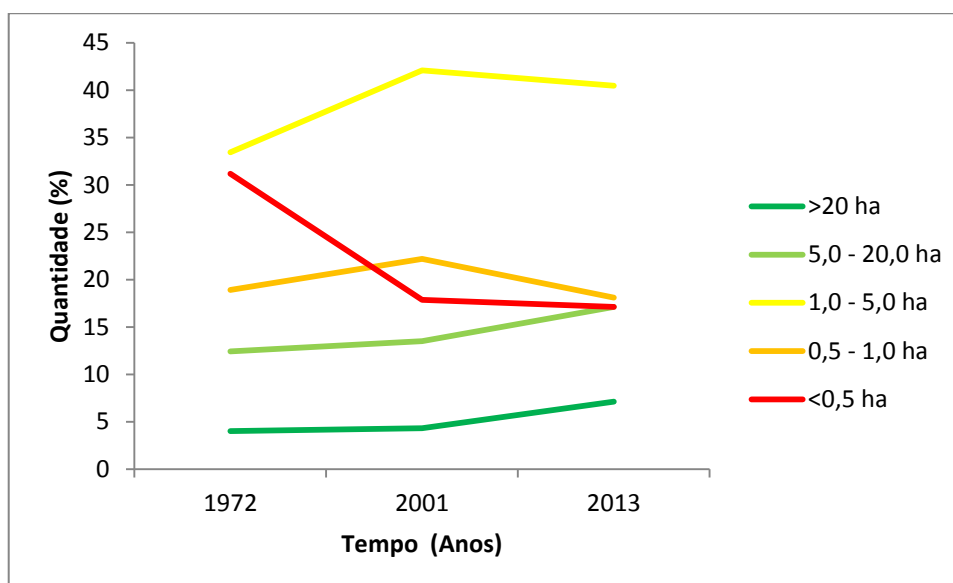


Figura 59 – **Modificações na dimensão dos fragmentos florestais entre 1972 e 2013.**

Entre 1972 e 2001 identifica-se a diminuição dos fragmentos florestais com área inferior a 0,5 ha e o aumento dos de dimensão entre 1,0 e 5,0 ha. A partir de 2001 observa-se o aumento dos fragmentos florestais com dimensão superior a 5,0 ha e a diminuição dos de tamanho inferior a 5,0 ha.

Entre 1972 e 2001 o processo de desmatamento ocorreu com maior intensidade, sendo 77% dos fragmentos florestais de dimensão inferior a 0,5 ha desmatados. No mesmo período 75% dos fragmentos florestais regenerantes apresentavam dimensão entre 1,0 e 5,0 ha, explicando o aumento da classe.

Entre 2001 e 2013 a quantidade de áreas desmatadas é menor, conservando os fragmentos florestais remanescentes do processo de ocupação. O processo de restabelecimento da vegetação nativa favoreceu a conectividade entre alguns fragmentos florestais, contribuindo para o aumento identificado nas classes de dimensão superior a 5,0 ha.

3.3.8 Índice de borda dos fragmentos florestais

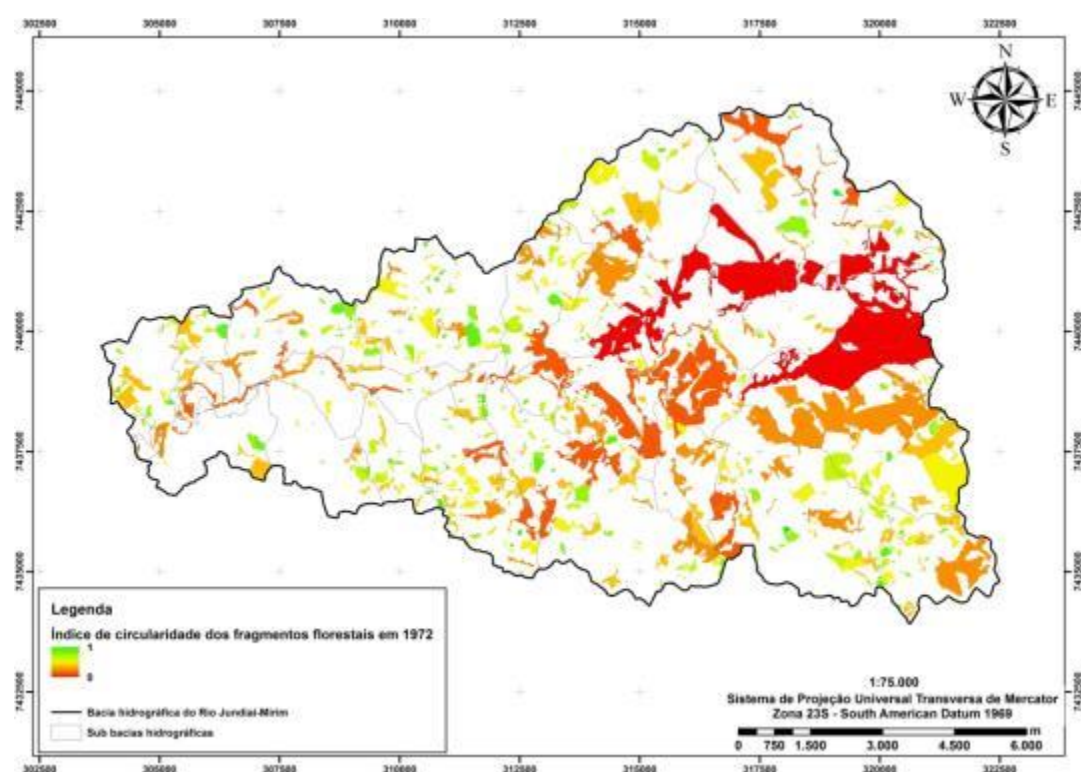
As Figuras 60, 61 e 62 mostram modificações no índice de borda dos fragmentos florestais entre 1972 e 2013. Quanto mais próximo do formato circular e coeso, valores próximos de 1, maior a distância entre o centro do fragmento florestal e a borda, favorecendo a proteção dos ecossistemas lá existentes.

Quanto mais próximo do valor 0 mais alongado é o fragmento florestal e menor é a distância entre o centro e a borda, resultando em uma maior interação entre os efeitos do uso e ocupação do solo e a porção central do fragmento florestal.

A Tabela 14 mostra a quantidade de fragmentos florestais pertencentes a cada intervalo de circularidade, observa-se que a maior parte dos fragmentos florestais apresenta circularidade entre 0,6 e 0,8. Na Figura 63 identificam-se as transições entre classes durante o período de análise.

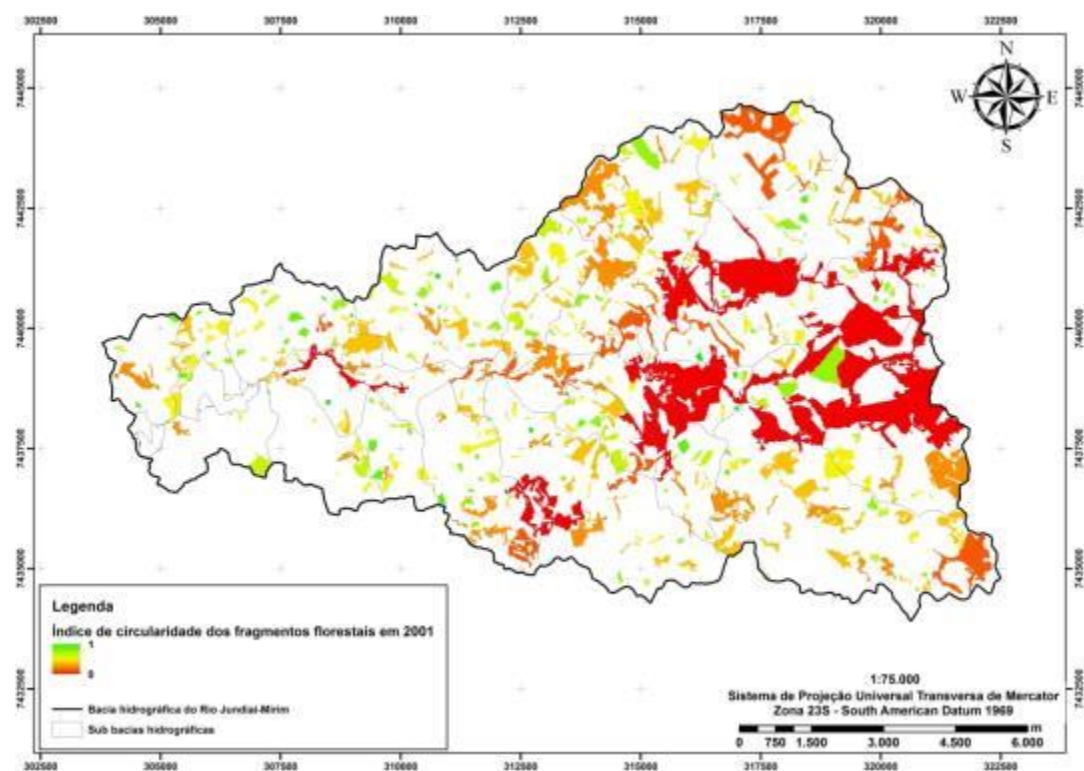
Tabela 13 – Índice de circularidade dos fragmentos florestais em 1972, 2001 e 2013.

Índice de circularidade	Fragmentos florestais em 1972		Fragmentos florestais em 2001		Fragmentos florestais em 2013	
	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade
0 - 0,2	0,8	4	1,3	5	2,1	9
0,2 - 0,4	13,7	72	16,5	65	20,7	87
0,4 - 0,6	34,8	183	39	154	36,9	155
0,6 - 0,8	35,6	187	32,7	129	29,8	125
0,8 - 1,0	15,2	80	10,6	42	10,5	44
Total	100,0	526,0	100,0	395,0	100,0	420,0



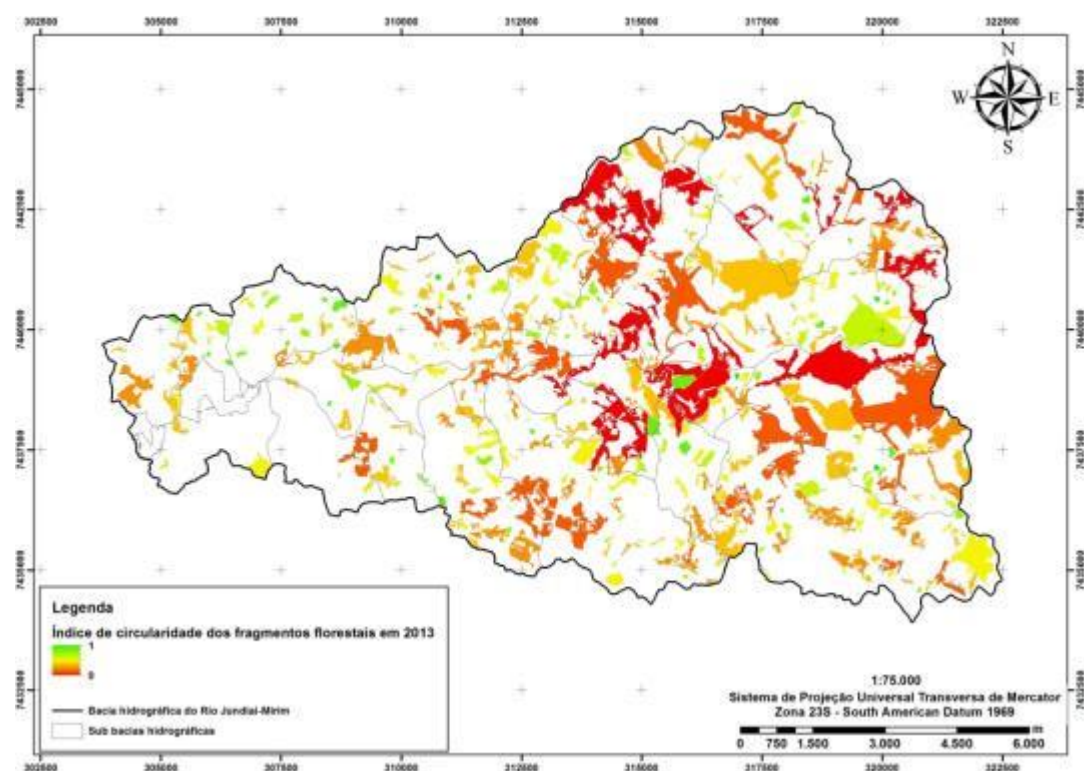
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 60 – Índice de borda dos fragmentos florestais em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 61 – Índice de borda dos fragmentos florestais em 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 62 – Índice de borda dos fragmentos florestais em 2013.

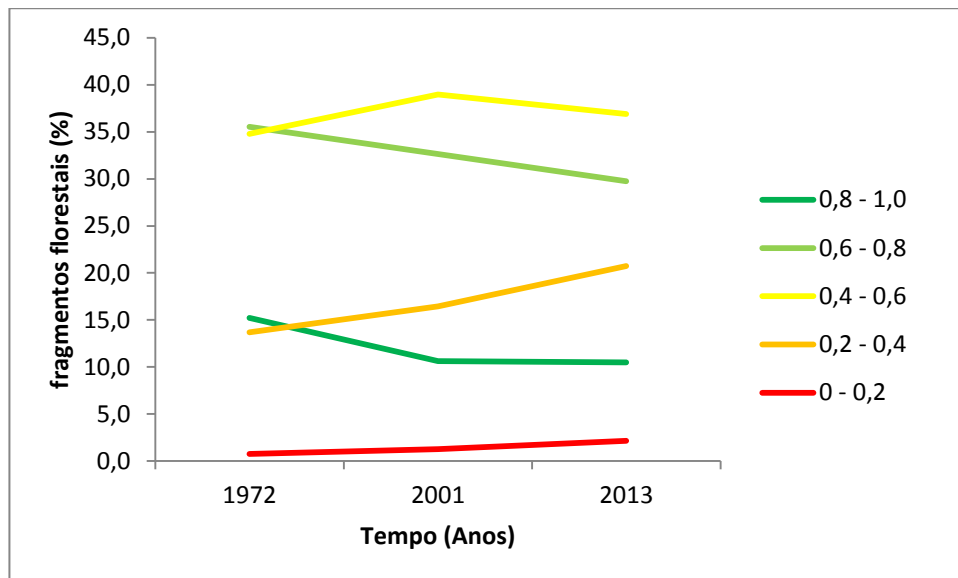


Figura 63 – Evolução do índice de circularidade entre 1972 e 2013.

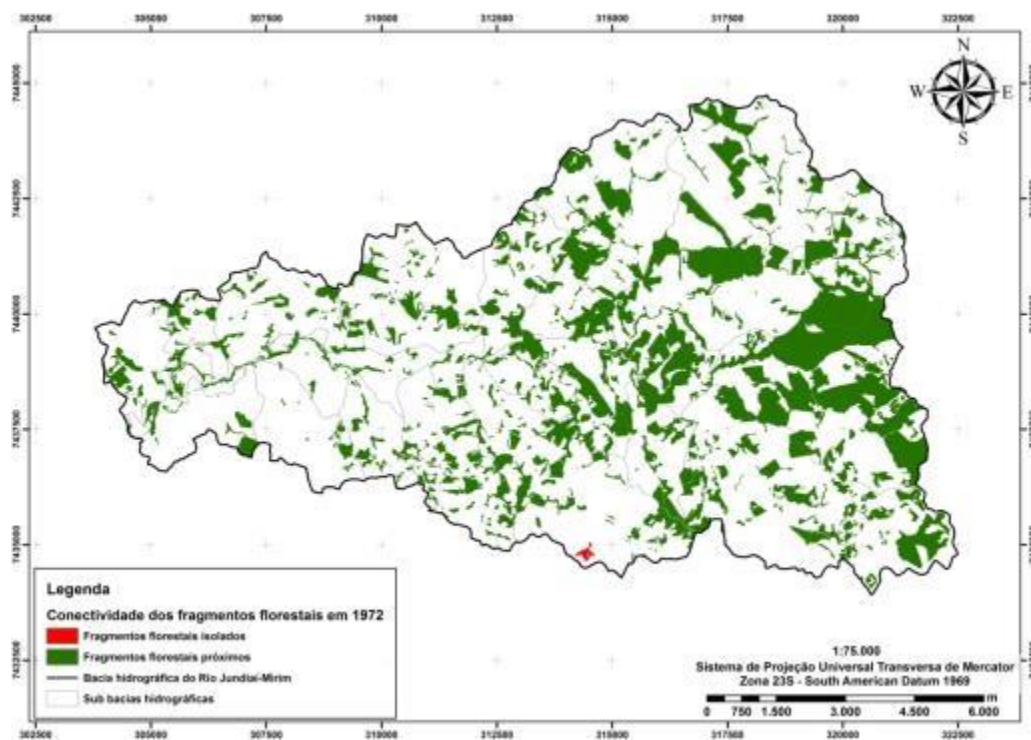
Os resultados revelam que os fragmentos florestais passaram a assumir formas alongadas, identifica-se uma maior porcentagem de fragmentos florestais nas classes “0 – 0,2”, “0,2 – 0,4”, além da diminuição dos fragmentos florestais com circularidade superior a 0,6.

3.3.9 Conectividade dos fragmentos florestais

Nas Figuras 64, 65 e 66 são apresentados os resultados do estudo de conectividade dos fragmentos florestais. O Indicador estabelece que fragmentos florestais isolados apresentam menor diversidade genética e de espécies, pela dificuldade de acesso da fauna e propagação de sementes, sendo, portanto, mais perturbados. Poucos fragmentos florestais apresentaram-se isolados a uma distância superior a 350m (Tabela 15). Observa-se que o valor de fragmentos não conectados é maior em 2001 e permanece próximo entre 1972 e 2013.

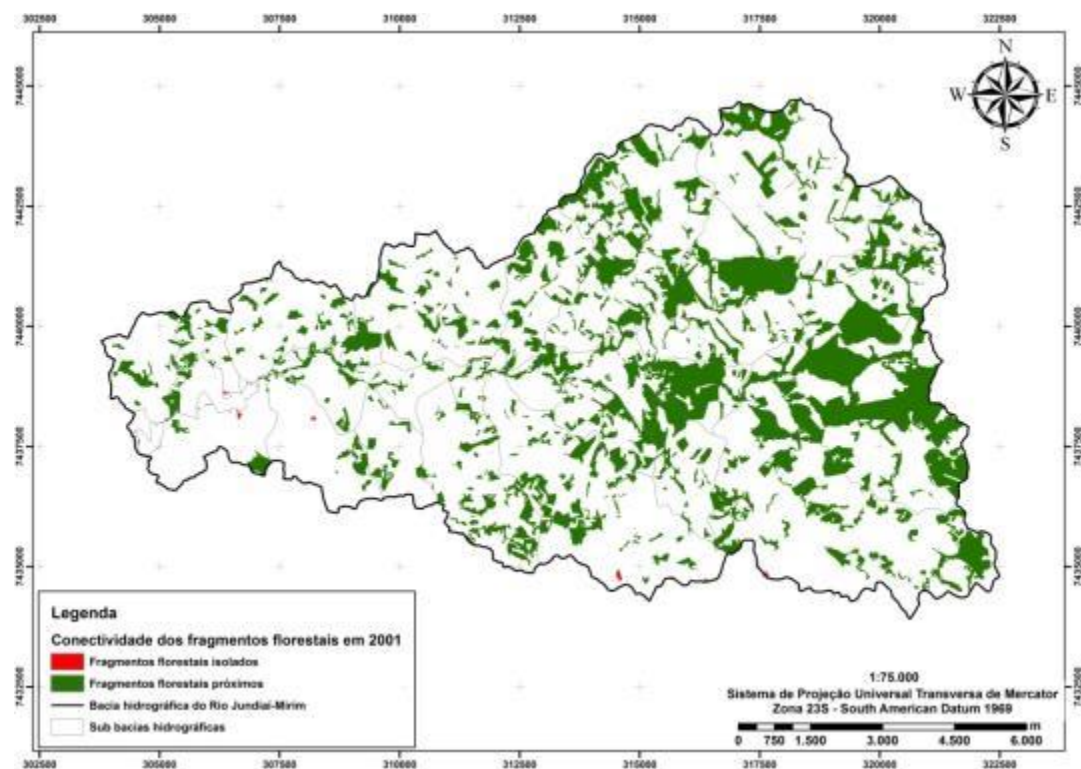
Tabela 14 – Evolução da conectividade dos fragmentos florestais entre 1972 e 2013.

Conectividade dos fragmentos florestais	Fragmentos florestais em 1972		Fragmentos florestais em 2001		Fragmentos florestais em 2013	
	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade
<i>Desconectados</i>	0,4	2,0	1,5	6,0	0,5	3,0
<i>Conectados</i>	99,6	529,0	98,5	401,0	99,5	416,0



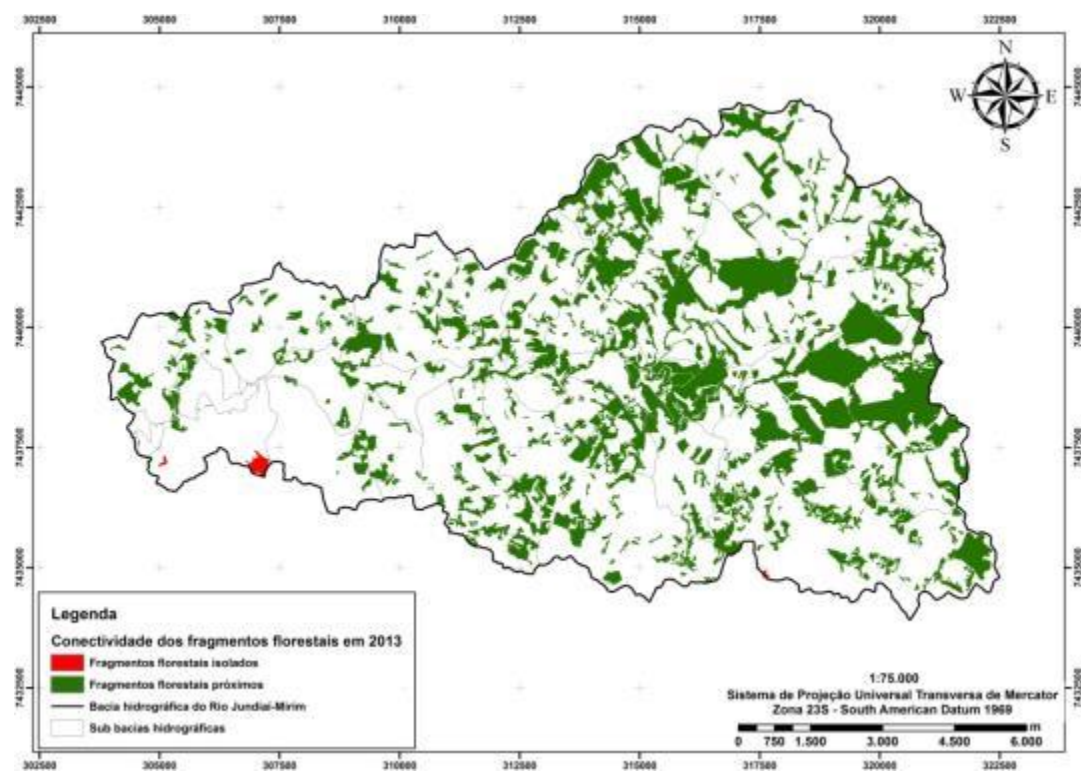
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 64 – Mapa de conectividade dos fragmentos florestais em 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 65 – Mapa de conectividade dos fragmentos florestais em 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 66 – Mapa de conectividade dos fragmentos florestais em 2013.

3.4 Qualidade ambiental dos fragmentos florestais

Os resultados da integração dos indicadores de perturbação ambiental através da Análise Multicriterial (Equação 1) são apresentados nas Figuras 67, 68 e 69. Os níveis de qualidade ambiental mostram o provável grau de alteração das áreas florestais frente ao processo de ocupação da bacia hidrográfica.

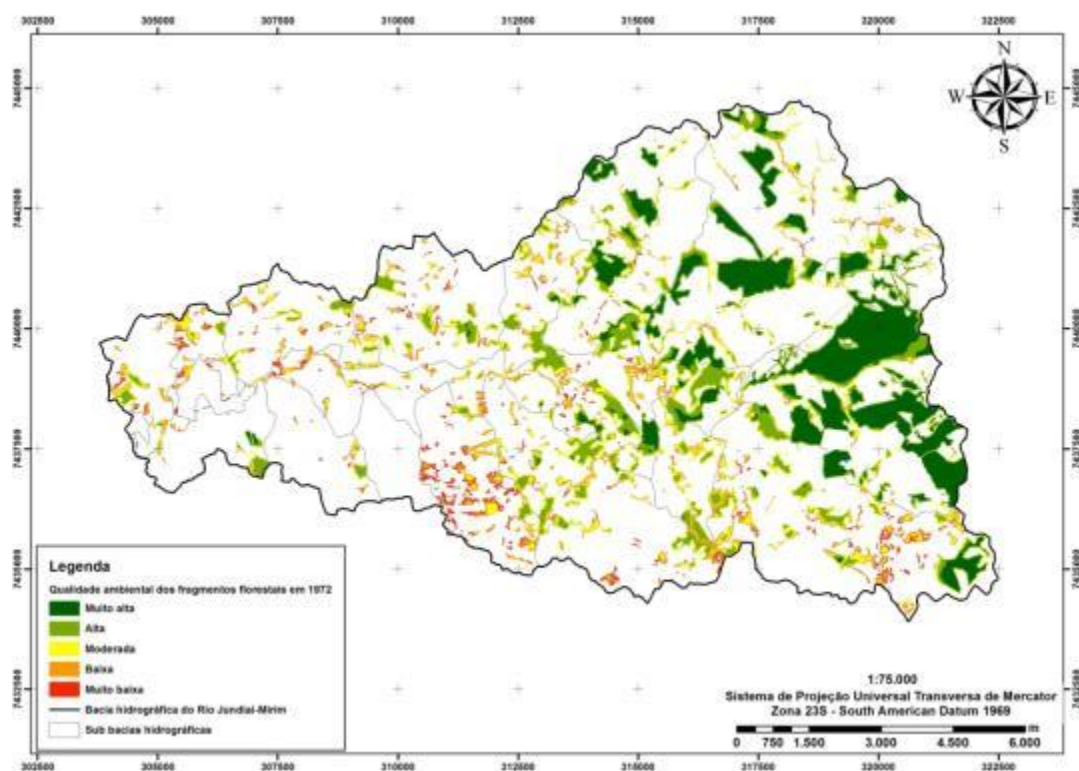
As áreas com qualidade ambiental *Muito alta* representam áreas pouco alteradas, com características próximas da vegetação natural original. Sua presença é identificada em regiões distantes das fontes de perturbação ambiental, em locais afastados das áreas urbanizadas e com menor intensidade de uso do solo.

A classe *Alta* mostra regiões que apresentam algum grau de alteração, porém as características da vegetação natural original são conservadas. São identificadas em locais que apresentam algum processo de urbanização, proximidade com as vias de acesso, ou a presença de atividades de uso do solo com maior potencial de perturbação.

As regiões classificadas com qualidade ambiental moderada representam áreas que apresentam moderado grau de alteração da vegetação natural, onde a vegetação resultante apresenta características diferentes das originais devido a maior influência de áreas edificadas, malha viária e atividades de uso do solo.

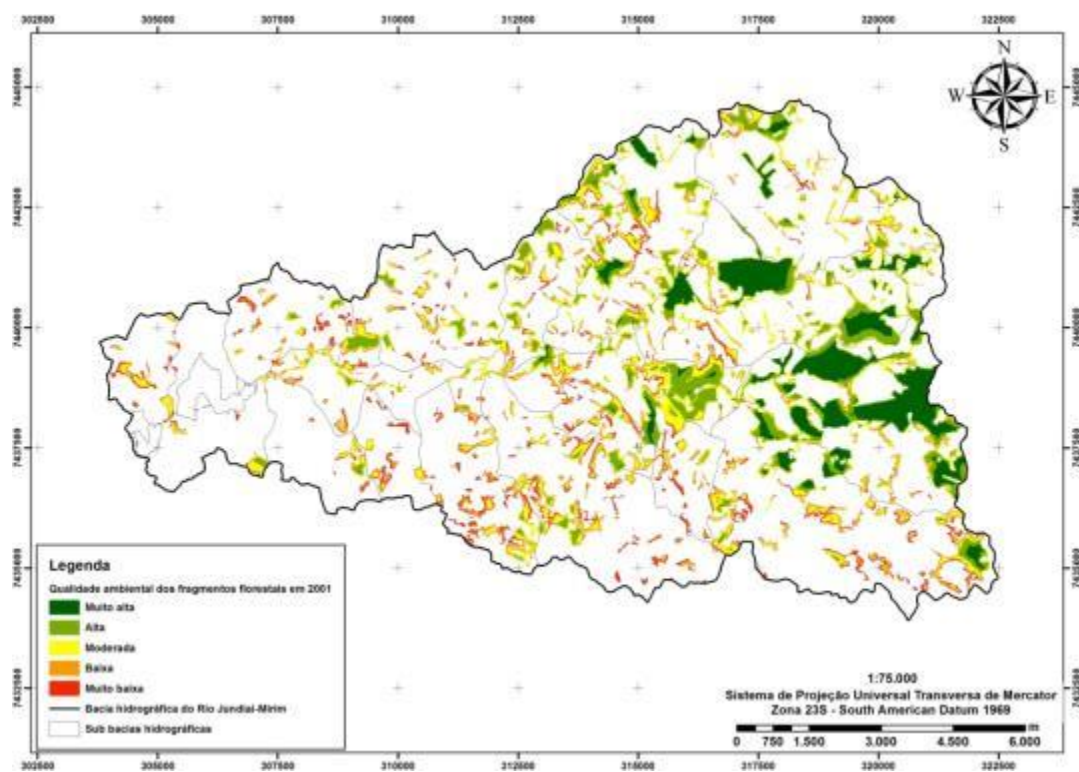
Os locais com baixa qualidade ambiental constituem áreas em contato direto com fontes perturbadoras, com significativo grau de alteração da vegetação natural.

Os classificados com qualidade ambiental muito baixa representam áreas altamente perturbadas, que, além do contato direto com áreas urbanizadas ou atividades de uso intenso do solo, apresentam elevada vulnerabilidade ao processo de ocupação.



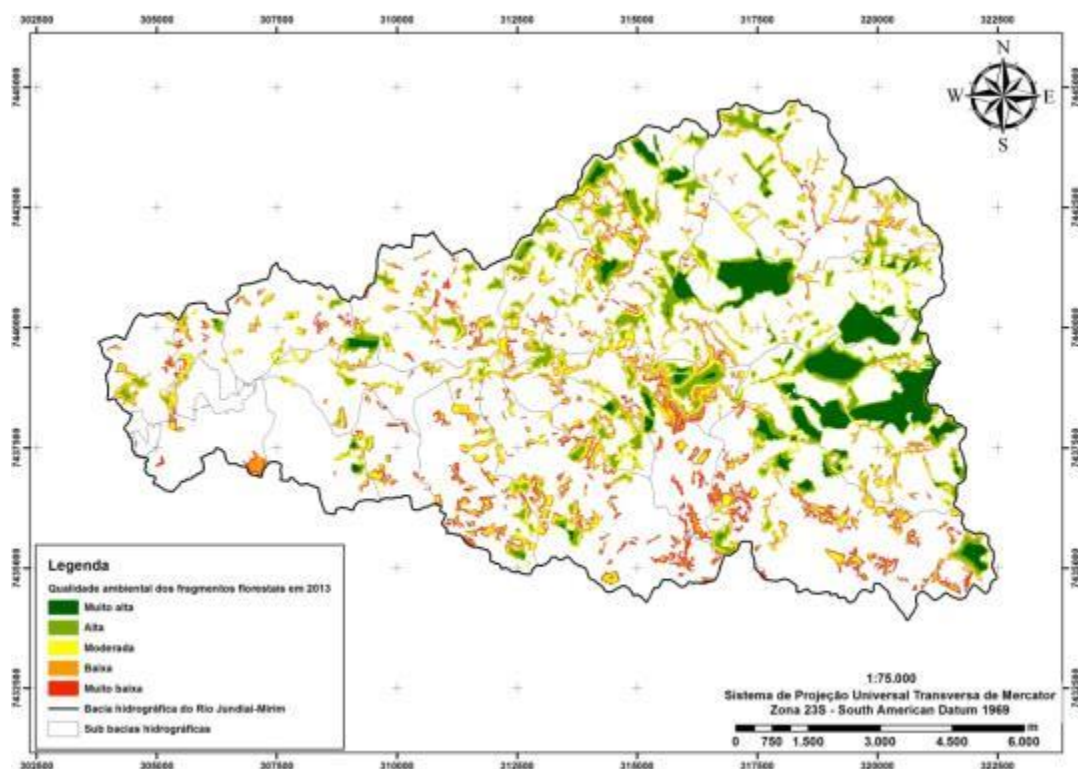
Fonte: FENGLER (2014)

Figura 67 – Mapa de qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim de 1972.



Fonte: FENGLER (2014)

Figura 68 – Mapa de qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim de 2001.



Fonte: FENGLER (2014)

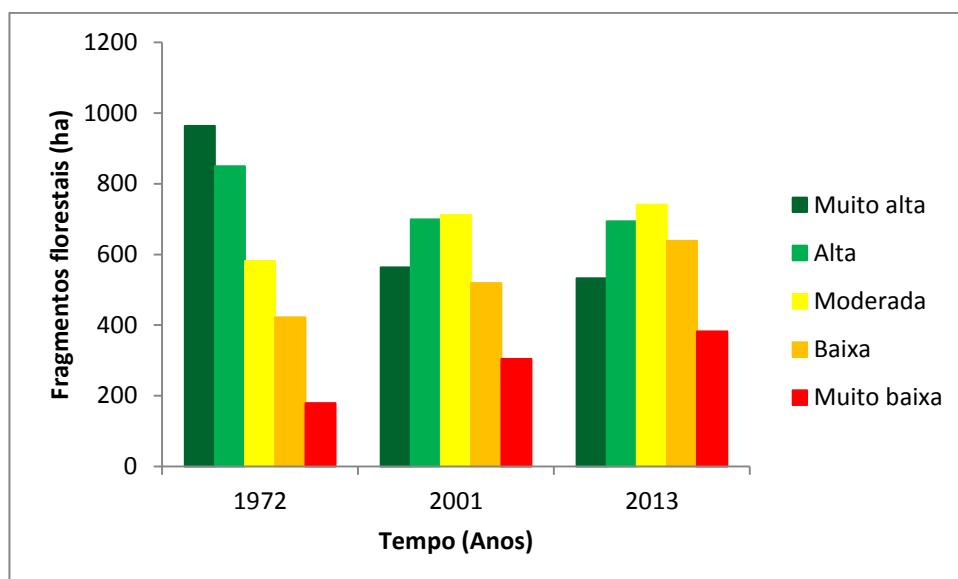
Figura 69 – Mapa de qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim de 2013.

As Figuras 70 e 71 mostram a deterioração da qualidade ambiental dos fragmentos florestais entre 1972 e 2013, seguindo as tendências observadas nos indicadores de perturbação ambiental. Observa-se a modificação nas distribuições das classes (Figura 71), em 1972 identifica-se o acúmulo dos valores à esquerda e em 2001 e 2013 distribuições próximas a Gaussiana. Os resultados são explicados pelo aumento da perturbação ambiental na borda dos fragmentos florestais, dado o intenso processo de urbanização da bacia hidrográfica.

Observa-se um crescente aumento na área ocupada pelas classes de qualidade ambiental *Baixa* e *Muito baixa*, em uma tendência linear. É notável diminuição da classe *Muito alta*, sobretudo no período entre 1972 e 2001 (Tabela 16). Os resultados revelam que processo de desmatamento, fragmentação florestal e ocupação da bacia hidrográfica contribuíram significativamente para a deterioração da qualidade ambiental dos fragmentos florestais no período de análise. A partir de 2001 observa-se um novo cenário constituído pelo intenso processo de ocupação da bacia hidrográfica.

**Tabela 15 – Evolução da qualidade ambiental dos fragmentos florestais da
bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim.**

Classes de qualidade ambiental	Área dos fragmentos florestais em 1972		Área dos fragmentos florestais em 2001		Área dos fragmentos florestais em 2013	
	ha	%	ha	%	ha	%
Muito baixa	179,3	6,0	304,4	10,9	382,3	12,8
Baixa	422,1	14,1	518,8	18,5	638,4	21,4
Moderada	581,4	19,4	712,1	25,4	740,9	24,8
Alta	849,4	28,4	699,1	25,0	694,1	23,2
Muito alta	963,8	32,2	563,5	20,1	532,6	17,8
<i>Total</i>	<i>2996,0</i>	<i>100,0</i>	<i>2797,9</i>	<i>100,0</i>	<i>2988,3</i>	<i>100,0</i>



**Figura 70 – Área em ha das classes de qualidade ambiental dos fragmentos
florestais da bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013.**

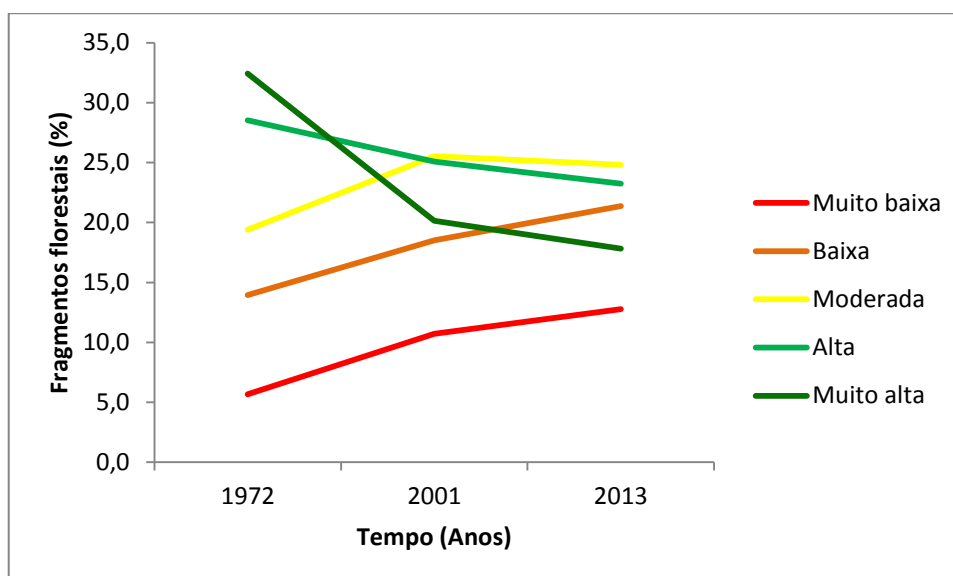


Figura 71 – **Evolução da qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim.**

3.5 Mapeamento de áreas de degradação ambiental

Para a elaboração deste trabalho definiu-se um cronograma de atividades e estabeleceu-se previamente um planejamento as áreas a serem percorridas, com auxílio do Google Earth. As áreas foram percorridas a partir das sub bacias que se localizam nas nascentes do rio Jundiá-Mirim (Jarinu e Campo Limpo Paulista) em direção aos reservatórios da DAE S.A.

Esse trabalho constitui-se basicamente na identificação, registro fotográfico e georreferenciamento de áreas utilizadas com algum tipo de ação que cause algum dano ambiental, em curto, médio ou longo prazo. Dentro dessa premissa preocupou-se com o mapeamento dos seguintes itens: **despejo de lixo e entulhos, áreas com deslizamento de terras, ausência de vegetação ciliar, bombas de captação de água, lançamento de esgoto, áreas degradadas por mineração de argila, erosão em estradas rurais**. No mapa de Áreas Degradadas, apresenta a localização dos diferentes pontos de degradação em cada uma das sub bacias.

3.6 Monitoramento de vazões

Por vazão entende-se o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, e é expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em m^3/s . A descarga (vazão) aumenta da montante (região mais alta do rio) para a jusante (áreas rio abaixo) até sua foz.

Os trabalhos de medição de vazão iniciaram-se no mês de Julho de 2015, o que permitiu uma avaliação da vazão num período de seca. As medições continuarão com uma frequência mensal, durante a estação seca, e quinzenal a partir do início da estação chuvosa. A medição de vazão foi realizada com um molinete fluviométrico FP-211 da Global Water, Figuras 72.

Foram realizadas medições de vazão nas sub bacias: Ribeirão do Tanque, Córrego do Perdão, Roseira, Igoturucaia, córrego do Areião, Ananás, e no rio

Jundiaí-Mirim, neste caso, no bairro do Jundiaí-Mirim, antes da entrada no reservatório de acumulação. Nas demais sub bacias não foi possível realizar a medição de vazão, em virtude do baixo fluxo de água nessa época.

No dia em que foram realizadas as medições de vazão, estava ocorrendo a captação de água do rio Atibaia. Nesse caso, outras medições serão realizadas em dias onde não esteja ocorrendo essa captação, o que permitirá ter uma boa estimativa das variações da vazão em função dessa reversão do rio Atibaia.

Inicialmente definiu-se uma seção transversal do córrego/rio, na qual realizaram-se as medições de largura e profundidade, para obtenção da área da seção transversal. Com o molinete foram tomadas várias medições da velocidade (m/s) do fluxo da água em diferentes posições horizontais ao longo da seção e em profundidade, quando esta era superior a 60 cm.

A vazão foi calculada de acordo com a equação (2):

$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$ (2), sendo:

$A = \text{área da seção do rio (m}^2\text{) (w.h)}$

$V = \text{velocidade do fluxo de água (m/s)}$

$h = \text{profundidade média na seção transversal do canal (m)}$ $w = \text{largura do canal}$

Nas Figuras de 73 a 76 apresentam-se algumas fotos dos trabalhos de determinação da vazão.



Figura 72. Molinete fluviométrico da Global Water.



Figura 73. Determinação da seção transversal no ribeirão do Tanque – Adega Beraldi



Figura 74. Determinação da seção transversal no córrego da Roseira



Figura 75. Determinação da seção transversal no córrego do Areião



Figura 76. Determinação da seção transversal no córrego da Roseira

Nas Tabelas 13, 14 e 15, tem-se as determinações das seções transversais dos córregos: Engenho Seco, Passarinho e Fetá e os valores mínimos, máximo e médias de vazão (m^2/s) determinados em dois períodos. As maiores vazões foram observadas no córrego Fetá, com valores médios de $0,12 \text{ (m}^3/\text{s)}$ e $0,19 \text{ (m}^3/\text{s)}$ respectivamente, enquanto o córrego Passarinho apresentou as menores vazões médias, com valores de $0,05 \text{ (m}^3/\text{s)}$ e $0,07 \text{ (m}^3/\text{s)}$, considerando as duas medições realizadas. No próximo período de atividades serão realizadas mais 5 medições de vazão.

Figura 77. Determinação da seção transversal do canal e da velocidade da água

4. PRÓXIMAS ATIVIDADES

5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FENGLER, (2014)

FREITAS, E. P. Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiaí-Mirim para fins de gestão ambiental. 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)–Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, Campinas.

Campinas, 07 de agosto de 2015.

Dr. Jener Fernando Leite de Moraes

IAC – CPD de Solos e Recursos Ambientais

Pesquisador Científico

RS 9.769.237-01