

**A evolução do uso e cobertura do solo no município de Três Rios (RJ):  
uma singularidade entre a expansão urbana e a ampliação da vegetação  
arbórea nas últimas duas décadas no município**

**The evolution of the land use and ground cover in the city of Três Rios (RJ): a  
singularity between the urban expansion and the arboreal vegetation enlargement  
from the last two decades in the city**

Diogo Parreira Lapa  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
diogo.parreira@ich.ufjf.br

Francisco Carlos Moreira Gomes  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –UFRJ  
franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com

César Henrique Barra Rocha  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
cezar.barra@ufjf.br

**Resumo**

O constante crescimento dos municípios traz consigo uma série de benefícios, mas também necessita respeitar a natureza presente, não ignorando e nem mesmo prejudicando-a. Motivado pela hipótese de que estaria ocorrendo uma perda da cobertura vegetal no município de Três Rios (RJ) no decorrer dos últimos 20 anos, foi realizada uma pesquisa visando verificar se isso realmente estava ocorrendo. Para isso, foi produzida uma análise comparativa entre o uso e cobertura do solo no município utilizando como base imagens dos satélites *Landsat 5* e *8*, nos anos de 2000, 2010 e 2020 pautada no uso das Métricas Ecológicas da Paisagem. Após a análise individual dos mapas e gráficos gerados por meio de técnicas de geoprocessamento, foi observada a distribuição da “Vegetação Arbórea” nos três anos analisados, e, numa segunda etapa, foram utilizadas as Métricas Ecológicas da Paisagem para quantificar essa informação. Foi observado um aumento da área vegetada, algo que pode estar relacionado com a criação de diferentes Unidades de Conservação no município. Este trabalho serve como um exemplo de como o geoprocessamento pode ser útil na organização e monitoramento espacial de um município, cidade ou Estado, para determinar os impactos de cada período de expansão ocorrido.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, Uso-e-Cobertura-do-Solo, Análise-Temporal, Métricas-Ecológicas-da-Paisagem.

**Abstract**

The constant growth of municipalities brings with it a series of benefits, but also needs to respect the present nature, not ignoring or even harming it. Motivated by the hypothesis that there was a loss of vegetation cover in the municipality of Três Rios (RJ) over the last 20 years, research was carried out to verify if this was really happening. For this, a comparative analysis was produced between land use and ground cover in the municipality using *Landsat 5* and *8* satellite images, in the years 2000, 2010 and 2020, based on the use of Landscape Ecological Metrics. After the individual analysis

of the maps and graphs generated through geoprocessing techniques, the distribution of "Arboreal Vegetation" was observed in the three years analyzed, and, in a second step, the Landscape Ecological Metrics were used to quantify this information. An increase in the vegetated area in the municipality was observed, something that may be related to the creation of different Conservation Units in the municipality. This work serves as an example of how geoprocessing can be useful in the organization and spatial monitoring of a municipality, city or state, to determine the impacts of each period of expansion that occurred.

**Keywords:** Geoprocessing, Land-Use-and-Coverage, Time-Analysis, Landscape-Ecological-Metrics.

## **Introdução**

O processo de expansão urbana é uma das implicações do desenvolvimento das cidades. Dessa forma, modifica a realidade de seus habitantes e instituições presentes em seu território. A partir da década de 1960, as cidades brasileiras passaram por um movimento de expansão urbana acelerada, em união com a ineficácia das políticas públicas de planejamento urbano-territorial (COSTA, 2019). Como consequência desse processo, as cidades pagam diuturnamente o ônus dos constantes problemas ambientais advindos de uma crescente expansão desregrada, que prioriza os interesses de agentes públicos e privados, em detrimento dos interesses gerais da sociedade civil.

Essa expansão sem um devido planejamento adequado, para auxiliar na tomada de decisões, vem desencadeando uma série de problemas socioambientais nos centros urbanos, transitando entre aqueles menores até as grandes metrópoles. Tal processo em curso tende a se agravar caso não haja ações diretas do Estado, uma vez que, no Brasil, o Estado sempre foi o motor principal das transformações infraestruturais (GOMES, 2020).

Entre os diversos problemas ambientais presentes no espaço urbano, destacam-se os processos de avanço da mancha urbana sobre áreas de preservação permanente e outros fragmentos florestais. De acordo com Escobar (2016), esses fragmentos possuem uma importante função para a criação dos corredores ecológicos, funcionando como uma forma de interligar os fragmentos verdes remanescentes, seja no meio urbano e/ou rural.

Tal interligação é importante para a criação e execução de políticas de planejamento ambiental, sobretudo, quando se pensa na conservação da biodiversidade local. A criação desses corredores serve como um local de descanso e proteção para as espécies animais presentes na região, as quais auxiliam na propagação de sementes nativas e na variação e propagação das espécies (JUVANHOL, 2011). As florestas também atuam como

barreiras amortizadoras contra alagamentos, inundações e, ainda, atenuam as variações térmicas do microclima de onde estão inseridas através das contribuições no ciclo hidrológico, destacando a evapotranspiração.

Para analisar a qualidade desses fragmentos florestais é possível contar com a utilização das Métricas Ecológicas da Paisagem. As métricas são formas de interpretar e compreender os fragmentos ecológicos e foram propostas na década de 1950 por autores alemães. Todavia, sua ascensão e consolidação se deve à popularização e democratização dos sistemas de informação geográfica (SIG) (HERZOG et al., 2001). Na década de 1980, diversas equações matemáticas se desenvolveram com o foco em simplificar e padronizar a busca pelas métricas da paisagem (CULLINAN & THOMAS, 1992; LI & ARCHER, 1997; TURNER et al., 1989). Isso fomentou o desenvolvimento de programas e sistemas capazes de colocar em prática, de maneira mais fluida, esse tipo de análise (JUNG, 2016; MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Com o constante avanço da tecnologia, é possível empregar cada vez mais técnicas e práticas para remediar os problemas ambientais no espaço urbano, alinhadas com outros mecanismos legais complementares. Como exemplo concreto dessa composição, é possível citar os planos diretores e o próprio estatuto das cidades, que estimulam a aplicação e elaboração de um planejamento urbano consistente com a realidade de cada lugar, conforme estabelecido no Art. 42 da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.

Neste bojo de novas técnicas, tecnologias e práticas, as geotecnologias e o geoprocessamento se mostram eficazes como ferramentas para o enfrentamento dos problemas decorrentes da urbanização acelerada, tanto pela capacidade que têm de levantar, tratar, integrar e modelar dados de várias temáticas, assim como por sua capacidade de prever alterações futuras, permitindo se adiantar e precaver contra eventuais problemas.

A validade da utilização do geoprocessamento e das geotecnologias para análises no espaço urbano já foi a temática do trabalho de diversos autores, a título de exemplo destacam-se: Dias (2004), que analisou a expansão do município de Volta Redonda (RJ) frente a industrialização crescente e suas consequências na região; Felipe (2011), que discute a influência do crescimento da cidade de Belo Horizonte (MG) sobre zonas de recarga para aquíferos; e Zaidan & Fernandes (2009), que discutem o potencial das geotecnologias aplicadas no zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas no município de Juiz de Fora (MG).

Assim, é visível a gama de análises passíveis de serem mediadas com o apoio das geotecnologias/geoprocessamento e a diversidade de temáticas que podem ser trabalhadas no auxílio ao planejamento urbano e ambiental. Dentre esses produtos, os chamados mapas de uso e cobertura do solo são importantes subsídios para o processo de tomada de decisão. Eles são capazes de demonstrar quais são as possíveis áreas de avanço da área urbana com base em uma série histórica. Assim, subsidiam análises que, em conjunto com outras informações de fatores locais, visam determinar quais são as medidas de planejamento mais indicadas nesses locais de expansão.

Nesta perspectiva, diversos autores já se debruçaram sobre os mapas de uso e cobertura como ferramentas de planejamento urbano. O trabalho de Sebusiani e Do Carmo Bettine (2011) se valeu da análise temporal do uso e cobertura do solo associado à impermeabilização, gerando um modelo de previsão futura do comportamento desse fenômeno no município de Campinas (SP). Loo (2019), por sua vez, trabalhou com informações do uso e cobertura do solo na análise das recorrentes inundações presentes no histórico da região urbana do município de Resende (RJ). O trabalho de Framil (2011) contribuiu para um debate semelhante no município de Viçosa (MG), utilizando uma série histórica para verificar as mudanças ocorridas no uso e cobertura do solo e suas inconsistências no tocante ao planejamento urbano local.

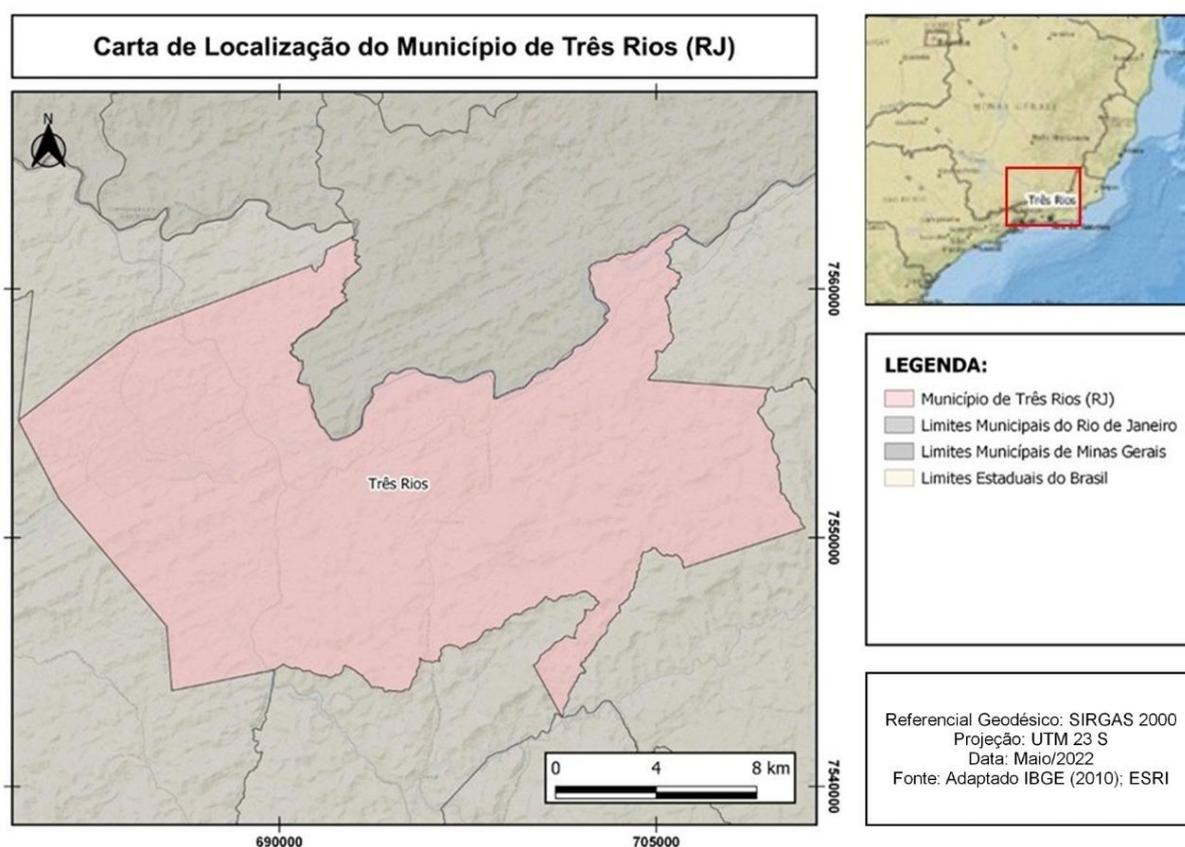
Desse modo, destaca-se que o município de Três Rios, pertencente ao estado do Rio de Janeiro, assim como os locais dos trabalhos citados anteriormente, tem sofrido fortes modificações sociais, econômicas e ambientais nas últimas décadas. O Município, tem experimentado há alguns anos um forte crescimento, somado a uma profunda modificação na sua composição urbana, como a presença de novas empresas, indústrias, prédios comerciais e residenciais e conjuntos habitacionais. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é promover uma avaliação sobre as óticas das métricas de paisagens na região, avaliando se/ou como houve a transformação das áreas de cobertura vegetal arbórea no município de Três Rios (RJ), considerando os anos de 2000, 2010 e 2020.

### **Caracterização da área**

Três Rios é considerada uma cidade média, tanto por seu contingente populacional como por seu papel central articulador na intermediação das redes urbanas na região do seu entrono (SPOSITO, 2010). A cidade possui hospitais, escolas de nível técnico e superior, supermercados e hipermercados a atacado e varejo, além de pequenas indústrias

e empresas de transporte. O município se localiza no interior do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), pertencendo à Mesorregião do Centro Fluminense. Além disso, consegue polarizar algumas cidades próximas, formando a assim chamada Microrregião de Três Rios, uma área que engloba os municípios de Paraíba do Sul, Areal, Sapucaia e Comendador Levy Gasparian (IBGE, 2020a).

**Figura 1.** Carta de Localização do Município de Três Rios (RJ)



Fonte: Os autores (2022).

De acordo com o último censo produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012), Três Rios abrigava 77.432 pessoas em seu território e as estimativas para o ano de 2020 eram de 82.142 pessoas. O município possui 322,843 km<sup>2</sup> de área territorial, sendo o terceiro maior de sua microrregião. Para além das dimensões territoriais, a importância da cidade no sentido econômico é central em sua região, já que ocupa o maior PIB da microrregião, com 53.338,23 reais *per capita* no ano de 2019, segundo cálculos do IBGE (2020b). Três Rios ainda têm se colocado em um papel central na rede

urbana local e a chegada de novas empresas para se instalarem em seu território tende a ampliar essa influência regional. Uma política tributária competitiva e sua posição geográfica fazem com que a cidade venha ganhado concorrência mesmo frente a centros maiores, como Juiz de Fora. No que concerne à produção industrial, o município se destaca pelos seguintes setores: têxtil, alimentos e bebidas, minerais não-metálicos, metalurgia, madeira e mobiliário, papel e gráfico, extrativa mineral (AGEVAP, 2006; GOMES et al., 2013).

## **Metodologia**

### **Análise do Uso e Cobertura do Solo**

A metodologia que guiou a execução desse trabalho é uma adaptação do trabalho de Sebusiani & Do Carmo Bettine (2011). A necessidade de adaptá-la surgiu principalmente pelas diferenças de extensão entre as áreas de estudo, além da opção pela utilização do *software* de licença livre *QGIS 3.10.0* (QGIS, 2020).

Assim, inicialmente, foram gerados mapas de uso e cobertura do solo a fim de subsidiar as análises posteriores. Para a geração desses mapas, foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat 8* e *Landsat 5* dos anos 2000, 2010 e 2020, obtidas através do repositório da *USGS (United States Geological Survey)*, sendo todas as imagens levantadas do mês de agosto<sup>1</sup>. A escolha desse mês em especial é justificável, haja vista que corresponde ao período de estiagem/seca, fato que reduz a quantidade/possibilidade da existência de nuvens nas imagens.

Para o processamento dos dados, foi utilizado o *software QGIS v.3.10.0 with GRASS 7.8.3*, no qual os dados foram adicionados e passaram por um procedimento para a composição de cada uma das bandas, gerando um *raster* virtual com todas as 7 bandas disponíveis<sup>2</sup> nas imagens do *Landsat 5* e do 8 para cada ano. Posteriormente, com a junção de todas as bandas, empreendeu-se a composição de bandas, a fim de gerar as informações

---

<sup>1</sup> Dentre os três anos, o que mais apresentou chuvas foi o ano 2000, porém essas chuvas se dão após o dia em que a imagem de satélite foi tirada, assim, não afetando as análises comparativas com os outros anos, os quais também não apresentaram chuvas antes do dia em que as imagens foram retiradas. De acordo com o INMET (2022), as chuvas no mês de agosto/2000 começaram a partir do dia 18; em agosto/2010 não houve chuvas, sendo o mês mais seco dentre os analisados; e em agosto/2020 as chuvas começaram a partir do dia 21.

<sup>2</sup> Mesmo o *Landsat 8* possuindo uma oitava banda, pancromática, esta acabou sendo desconsiderada nas análises a fim de se manter a mesma resolução espacial entre todos os produtos.

de interesse da análise, sendo: R=3, G=2, B=1 para o *Landsat 5* e R=4, G=3, B=1 para o *Landsat 8*.

Após realizar o procedimento de composição das bandas, foi feita uma classificação supervisionada, onde manualmente foram selecionados, em média, 200 polígonos sobre o *raster* gerado, indicando as classes de uso e cobertura que seriam classificadas, utilizando o *plugin* do próprio *QGIS*, chamado “*dzetsaka*” (KARASIAK, 2018). Esse *plugin* realiza classificações para uso e cobertura do solo de forma semiautomática, obtendo assim uma classificação mais abrangente.

As classes definidas foram: Vegetação Arbórea, Área Urbanizada, Corpos Hídricos e Pastagens. As definições encontram-se adaptadas de forma mais generalista, devido à resolução espacial das imagens do satélite usada nesta análise, possibilitando apenas a aplicação do método de Classificação por Máxima Verossimilhança (MAXVER). Dessa forma, cada uma das classes representa, especificamente:

- a) Vegetação Arbórea: representando toda a área de mata, nativa ou reflorestada, independentemente de sua altura ou extensão;
- b) Área Urbanizada: representando a área urbanizada do município em que é possível ver nitidamente construções e estruturas urbanas, enfatizando a necessidade de ação antrópica “construtiva” para tal classificação;
- c) Corpos Hídricos: representando os rios, lagos e demais cursos d’água presentes pelo território (no mapa de 2000 em específico, acaba compreendendo uma camada de nuvens no canto inferior direito);
- d) Pastagens: representando toda área descampada que é utilizada tanto para loteamento, extração mineral e vegetal, áreas de pastagem propriamente ditas e áreas de solo exposto.

Após essa classificação, surgiu a necessidade de se quantificar as classes encontradas, de forma a simplificar a análise e fornecer material quantitativo para pautar os resultados obtidos por meio dos mapas. Com isso em mente, foi aplicado o algoritmo “*Raster para Vetor (poligonizar)*”, transformando o *raster* com as classes de uso e cobertura do solo (arquivo matricial) em um arquivo *shapefile* (vetorial).

Com esse processo concluído, os valores da área de cada uma das classes de uso em cada ano analisado foram exportados da tabela de atributos, gerando um arquivo tipo planilha extensão “.xls”, que foi adicionado ao Microsoft Excel 2010, de onde foram gerados

gráficos. Destarte, foi gerado um mapa para cada um dos anos analisados, além de gráficos apresentando as respectivas proporções das classes identificadas em relação à área municipal.

### **Aplicação das Métricas Ecológicas da Paisagem**

Afim de obter informações mais palpáveis ao se discutir os resultados, este artigo buscou interagir diretamente com as Métricas Ecológicas da Paisagem (MCGARIGAL & MARKS, 1995), tal qual Leite & Rocha (2018) e Veronese, Rocha & Silva (2019) utilizaram em seus trabalhos, porém adaptando-as para serem aplicadas no *software* que foi utilizado, o *QGIS*.

Para realizar essa adaptação, foi utilizado o *plugin* “LecoS”, criado por Jung (2016), que possibilita calcular de forma automática as mais de 16 métricas ecológicas da paisagem, indo de encontro com a metodologia de Batista (2014) e Leite & Rocha (2018). Assim, as métricas selecionadas para serem aplicadas na área de estudo foram agrupadas em quatro classes (Quadro 1): as Métricas de Área e Borda, as Métricas de Agregação, as Métricas de Forma do Fragmento e as Métricas de Área Interior.

As métricas utilizadas no presente trabalho poderiam ser aplicadas também como uma espécie de monitoramento do crescimento de fragmentos de solo exposto, neste caso elas seriam úteis para fornecer indicações sobre como se deu a evolução do solo no local com o passar dos anos (SOUTHWORTH; NAGENDRA; TUCKER, 2002). Contudo, esse artigo se ocupou apenas na aplicação das métricas na classe de “Vegetação Arbórea”. Visto que, para ir de encontro com o escopo proposto pela pesquisa, essa foi considerada a com melhor capacidade de responder à questão central motivadora do artigo<sup>3</sup>, de como os fragmentos florestais em Três Rios têm sido afetados.

---

<sup>3</sup> As equações de origem das métricas utilizadas e das não utilizadas, assim como as descrições completas delas podem ser encontradas em McGarigal & Marks (1995).

**Quadro 1:** Especificações das Métricas Ecológicas da Paisagem utilizadas no trabalho, separadas por classe

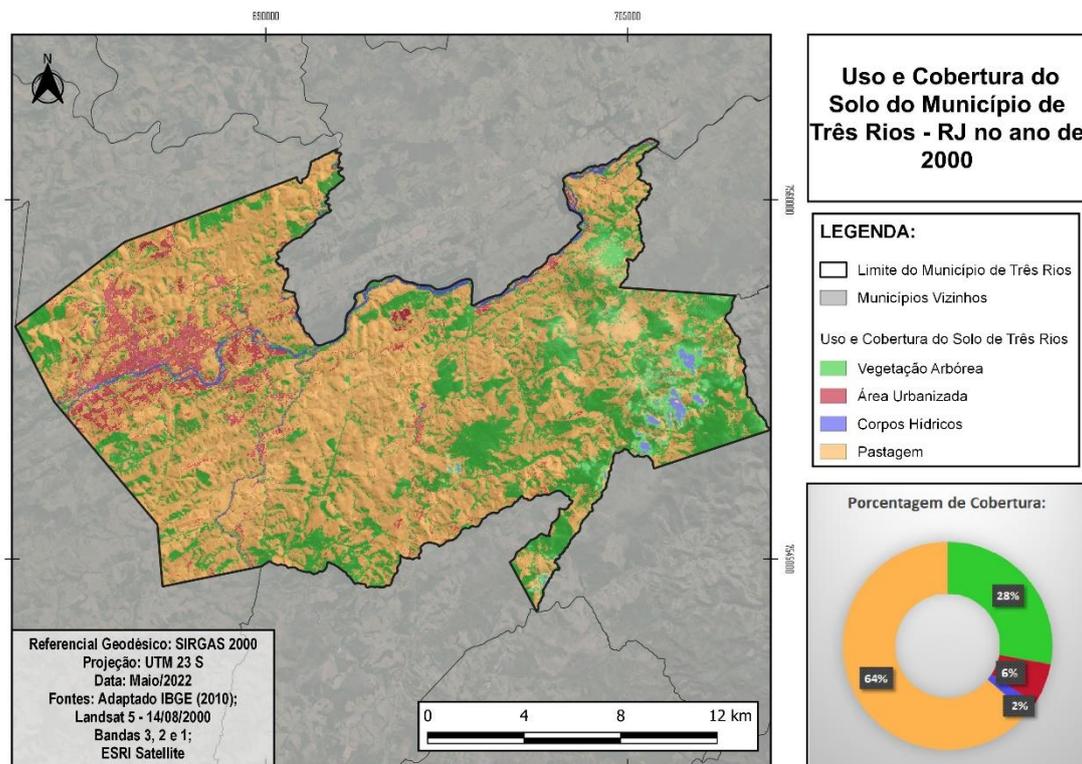
<b>Métricas de Área e Borda</b>			
<b>Área da Classe:</b>	Soma da área de todos os fragmentos (ha);	<b>Densidade de Borda:</b>	Representa a razão entre o comprimento das bordas (m) e a área (ha) das classes/paisagem;
<b>Proporção da Classe:</b>	Mostra a porcentagem ocupada pela classe dentro da área determinada;	<b>Borda Total:</b>	Soma dos comprimentos (m) de todos os segmentos de borda na classe analisada.
<b>Métrica de Forma do Fragmento</b>		<b>Métrica de Área Interior</b>	
<b>Índice de Forma Média:</b>	Varia conforme a irregularidade dos fragmentos. Quanto mais próximo do 1, mais circular são, e quanto mais distantes, mais disformes.	<b>Tamanho Médio dos Fragmentos:</b>	Traz a média entre a área dos fragmentos (ha) que estão espalhados pelo mapa;
<b>Métricas de Agregação</b>			
<b>Número de Fragmentos:</b>	Representa a simples contagem no número de fragmentos presentes em uma classe ou paisagem;	<b>Índice de Separação:</b>	Indica o quanto os fragmentos de uma classe ou paisagem são separados entre si.

Fonte: Os autores (2022).

## Resultados

Com base nas análises para o ano de 2000 (Figura 2), é possível observar pela distribuição percentual de cada classe de uso a predominância da classe de pastagens na área do município. Isso porque, para o ano de 2000, as Pastagens representavam cerca de 64% da área total do município (2.344 ha), enquanto as áreas de Vegetação Arbórea (28%), Área Urbanizada (6%) e Corpos Hídricos (2%) compunham apenas 36% (Figura 2).

**Figura 2.** Carta de Uso e Cobertura do Solo e as devidas porcentagens referentes ao ano de 2000

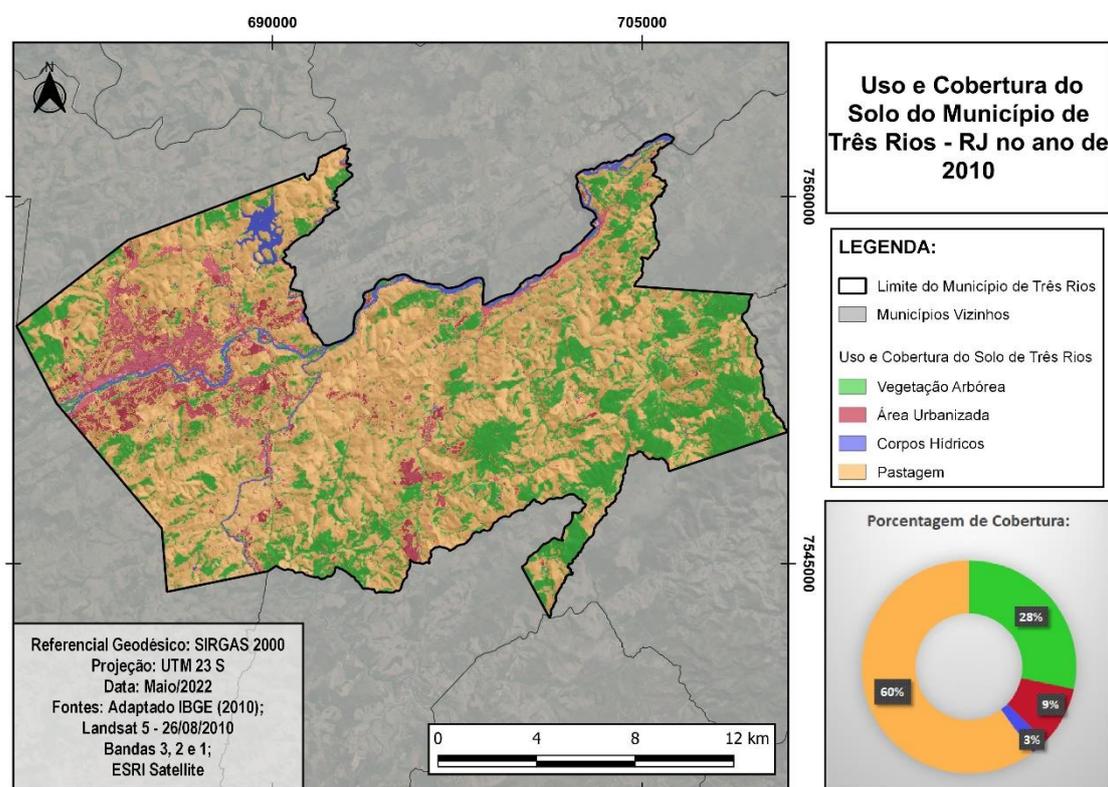


Fonte: Os autores (2022).

Há uma considerável mudança uma década depois (Figura 3). Analisando o uso e cobertura do ano de 2010, observa-se que as áreas de Vegetação Arbórea se mantêm, enquanto as Áreas Urbanizadas passam a expandir sobre os antigos locais de Pastagem. Em termos quantitativos, mantêm-se os mesmos valores para as áreas de Vegetação Arbórea, mas há um crescimento de 33% da Área Urbanizada.

Essa realidade passa por uma profunda modificação em 2020 (Figura 4), quando as áreas de Vegetação Arbórea aparecem de forma mais expressiva tanto em locais onde antes se via a presença de área urbana, quanto de pastagens. De forma quantitativa, percebemos que as áreas de Vegetação Arbórea aumentaram 82% em relação a 2010 e 2000, enquanto as áreas de Pastagem reduziram em 37% em relação a 2010.

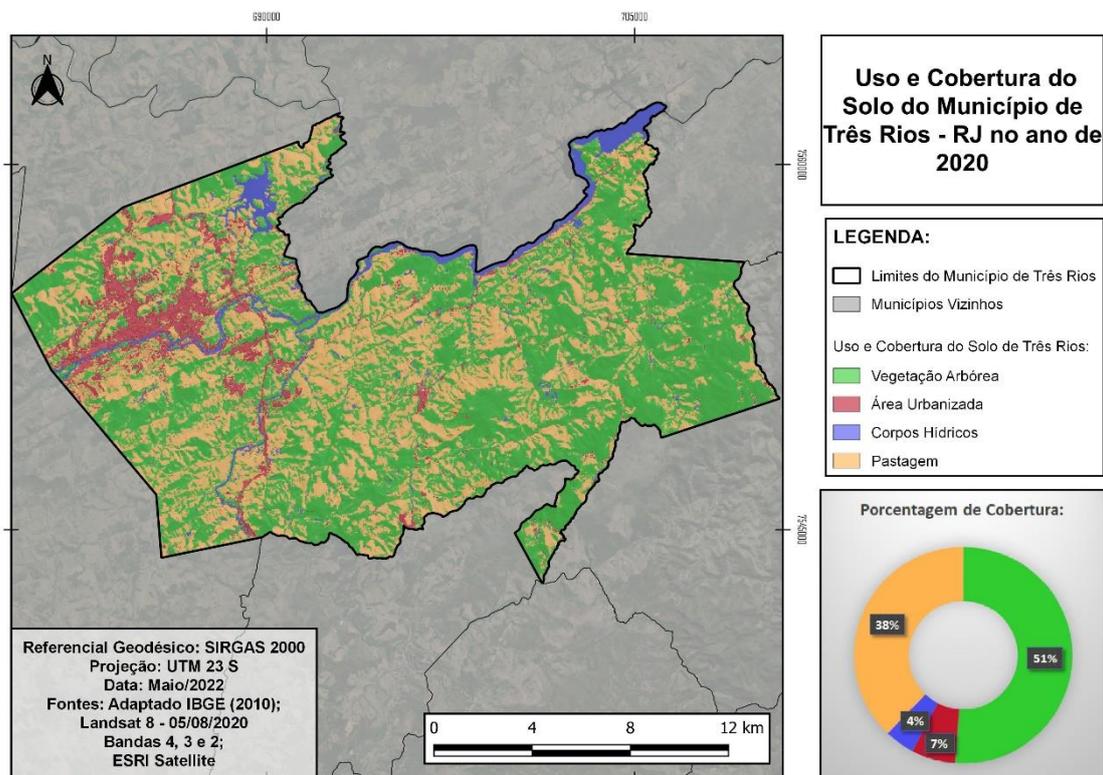
**Figura 3.** Carta de Uso e Cobertura do Solo e as devidas porcentagens referentes ao ano de 2010



Fonte: Os autores (2022).

Para aplicar os dados obtidos com as análises das Métricas Ecológicas da Paisagem, foram utilizados os mapas de uso e cobertura de 2000, 2010 e 2020 como base, processo semelhante à metodologia de Leite & Rocha (2018), trabalhando os dados diretamente no *plugin* do QGIS chamado “LecoS” (JUNG, 2016). Desse modo, os valores correspondentes às Métricas Ecológicas da Paisagem para a classe de Vegetação Arbórea, nos três anos analisados (Tabela 1), foram representados de forma clara, assim possibilitando uma análise quantitativa dos resultados obtidos nos mapas.

**Figura 4.** Uso e cobertura do solo e as devidas porcentagens referentes ao ano de 2020



Fonte: Os autores (2022).

**Tabela 1.** Tabela contendo as Métricas Ecológicas da Paisagem obtidas no trabalho.

<b>Métricas de Área e Borda</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Área da Classe	89.941,5 ha	77.592,6 ha	165.276 ha
Proporção da Classe	27,80%	24,00%	51,10%
Densidade de Borda	0,009 m/m <sup>2</sup>	0,007 m/m <sup>2</sup>	0,010 m/m <sup>2</sup>
Borda Total	2.874,4 km <sup>2</sup>	2.273,4 km <sup>2</sup>	3.173,1 km <sup>2</sup>
<b>Métricas de Agregação</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Número de Fragmentos	3.590	2.930	1.821
Índice de Separação	8,2	3,5	1,1
<b>Métrica de Forma do Fragmento</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Índice de Forma Média	9,89	9,80	9,94
<b>Métrica de Área Interior</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Tamanho Médio dos Fragmentos	25.053,3 ha	26.482,1 ha	9.076.112,0 ha

Fonte: Os autores (2022).

Após o processamento e coleta dos resultados, foi confirmado pelos mapas e nas métricas utilizadas que houve uma alteração substancial na vegetação no espaço de duas décadas. Essa alteração aparenta ser constante nos mapas gerados; todavia, por meio da interpretação das métricas, se fez possível notar que em 2010 registrou-se uma diminuição da área vegetada dentro do município, indo contra o ritmo de crescimento visto entre os dados de 2000 e 2020. Tal diferença entre os valores apresentados pelos mapas e métricas é provavelmente oriunda de pequenas alterações na área vegetada que permitiram esta divergência – mostrando, assim, o valor deste tipo de análise frente a somente uma comparação visual/espacial que dificulta a compreensão de mais detalhes a respeito da área/conteúdo analisado.

As alterações presentes em cada um dos mapas são confirmadas pelos resultados das Métricas de Área e Borda, onde podemos ver que a Área da Classe no ano de 2000 era de 89.941,5 ha de área vegetada, em 2010 esse número diminuiu para 77.592,6 ha e em 2020 a área era quase o dobro do que era no início do século, com 165.276 ha. Observou-se também que a Densidade da Borda seguiu essa mesma tendência, marcando 0,009 m/m<sup>2</sup> no ano de 2000, decrescendo para 0,007 m/m<sup>2</sup> no ano de 2010 e alcançando 0,010 m/m<sup>2</sup> no ano de 2020, seguindo de forma semelhante a Borda Total da classe, que em 2000 era de 2.874,4 km<sup>2</sup>, em 2010 decresceu para 2.273,4 km<sup>2</sup> e em 2020 se elevou para 3.173,1 km<sup>2</sup>.

As Métricas de Agregação foram as que apresentaram dados mais inusitados, com uma diminuição, primeiro, gradual e, em um segundo momento, acentuada do Número de Fragmentos de área vegetada encontrados no município. Com 3.590 fragmentos no ano de 2000, 2.930 no ano de 2010 e chegando a 1.821 no ano de 2020.

Porém, o número dos fragmentos não foi o único índice a apresentar redução, o Índice de Separação dos Fragmentos também apresentou uma diminuição. Sendo 8,2 no ano de 2000, 3,5 no ano de 2010 e 1,1 no ano de 2020. Demonstrando, assim, que, após 20 anos, os fragmentos de área vegetada no município aumentaram de tamanho e, conseqüentemente, diminuíram de quantidade. Esse comportamento gerou ao final uma “aglutinação” entre áreas florestais, resultando que o Tamanho Médio dos Fragmentos no ano de 2020 fosse de 9.076.112,0 ha, enquanto em 2000 era de 25.053,3 ha.

Uma observação complementar que cabe destaque se apresenta ao analisar a Métrica de Forma. Os resultados demonstram como os fragmentos no município estão se expandindo num formato mais alongado, resultando numa maior ligação entre eles,

facilitando a construção de corredores ecológicos envolvendo partes distantes e separadas por rios, morros e depressões do município.

### **Discussão**

O aumento do tamanho dos fragmentos de área vegetadas, ou fragmentos florestais, é um indicador da biodiversidade local. Eles podem suportar um número maior de indivíduos em seu meio (ALMEIDA; GOMES; QUEIROZ, 2011), o que possibilitaria uma maior interação e trocas entre indivíduos, diretamente ligadas aos corredores ecológicos criados.

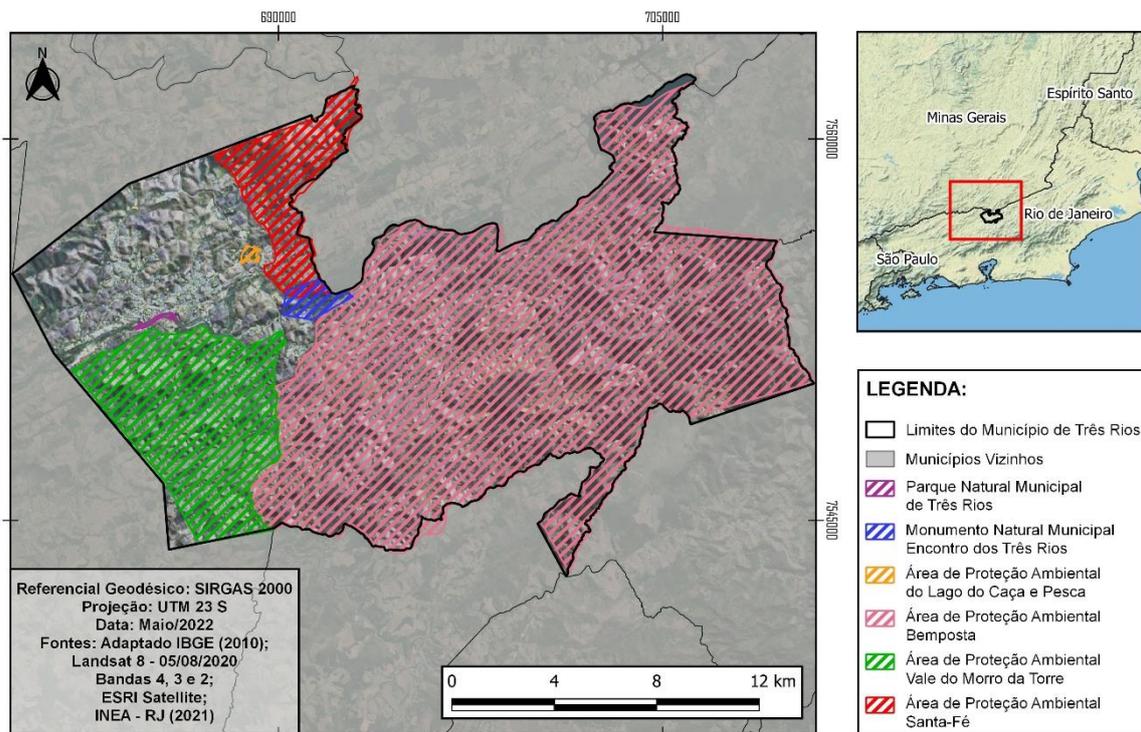
Com a expansão da classe de Vegetação Arbórea, como já destacado, os fragmentos menores que antes pertenciam a essa classe também se expandiram no mesmo ritmo, conseqüentemente, diminuindo em número absoluto. Esse processo mostra que o aumento da área vegetada no município de Três Rios levou a uma diminuição da fragmentação. De outro modo, o aumento da área vegetada também poderia ocorrer com o aumento ou manutenção dos fragmentos, porém com menos efeitos positivos para manutenção e diversidade dos sistemas ecológicos.

A particularidade observada em Três Rios reside na percepção da influência na implantação de quatro Áreas de Proteção Ambiental (APA), um Parque Natural Municipal (PNM) e um Monumento Natural Municipal (MONA) (SILVÉRIO NETO et al., 2015), que passaram a ocupar a maior parte do município (Figura 5).

Com a implantação de Unidades de Conservação (UC), é necessária uma mobilização em prol do reflorestamento da região. Esse processo beneficia o aumento da área vegetada e, conseqüentemente, possibilita maior interação entre a biodiversidade local, beneficiando a mesma. Porém, devido ao elevado custo desse modelo, os processos agroflorestais surgem como uma alternativa mais barata e capaz de favorecer o crescimento das árvores (ALMEIDA; GOMES; QUEIROZ, 2011).

Em contraposição a outros municípios do Vale do Paraíba que sofreram com o desmatamento devido ao ciclo do café e da pecuária, mais recentemente, Três Rios teve redução na fragmentação das suas florestas e aumento das possibilidades de conexão entre eles através dos corredores ecológicos, que permitem a dispersão de sementes e o trânsito seguro da fauna, que também colabora no processo de recuperação das matas.

**Figura 5.** Áreas de Proteção Ambiental e Unidades de Conservação do município de Três Rios - RJ



Fonte: Os autores (2022).

Esse é um resultado que precisa ser observado com mais cuidado por meio de levantamentos e validações em campo. Principalmente devido às florestas comerciais (de pinus e eucalipto) presentes no município serem difíceis de diferenciar da Mata Atlântica se utilizando de imagens de satélite de baixa resolução espacial. Durante o processo de classificação dos tipos de uso e cobertura, esse fator pode gerar ruídos na distribuição das áreas com vegetação arbórea. Mesmo assim, pela redução da pressão sobre as matas nativas, ainda é um resultado surpreendente, divergindo do cenário mais comum. Um aumento das áreas de vegetação arbórea em um município em clara expansão urbana e comercial é um resultado positivo em termos gerais.

### Considerações finais

Indo contra a hipótese que motivou a presente pesquisa, foi atestado uma evolução positiva da área vegetada no município de Três Rios entre 2000 e 2020. Transformação essa que, após todos os dados serem levantados e analisados, apresentou-se em parte como uma influência direta da criação de Unidades de Conservação por todo o

município, unidades essas que auxiliam a preservação, com restrições à exploração comercial.

Dito isso, é necessário ressaltar a importância do geoprocessamento para esse tipo de estudo que sobrepõe o ambiental com o urbano/social, a título de poder auxiliar na checagem e manutenção de eventuais áreas vegetadas, monitorando se dentro de eventuais UC's a vegetação está sendo mantida.

Assim, para um município como o de Três Rios, é importante um monitoramento constante dessas Unidades de Conservação pelos órgãos públicos, com o objetivo de preservar o patrimônio ambiental do município, proteger a fauna, melhorar a qualidade do ar e do ciclo hidrológico pelo aumento da evapotranspiração e das vazões das nascentes, além de outros benefícios oriundos dos serviços ambientais prestados à sociedade pelas nossas "Matas Nativas". Do mesmo modo, são importantes estudos futuros com posse de melhores imagens do local (com maior riqueza de detalhes), a fim de detalhar a expansão da área vegetada uma diferenciação entre a mata nativa e as áreas de silvicultura na região de forma mais incisiva e com o apoio de outros métodos.

### **Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer o apoio de todos os amigos que auxiliaram na construção desse estudo, com opiniões e ajuda na execução das técnicas apropriadas. Sem eles não teria sido possível concluir o presente trabalho.

### **Referências Bibliográficas**

AGEVAP - ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Diagnóstico dos Recursos Hídricos Relatório Final (PSR-010-R0)*. p. 201, 2006. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

ALMEIDA, F. S.; GOMES, D. S.; QUEIROZ, J. M. DE. Estratégias para a conservação da diversidade biológica em florestas fragmentadas. *Ambiência*, v. 7, n. 1808–0251, p. 367–382, 2011.

BATISTA, M. T. F. *Modelação Geográfica Em Processos De Caracterização E Avaliação Da Paisagem Numa Perspectiva Transfronteiriça. Tese de Doutorado. IFA, Universidade*

de Évora. 2014. p. 264. Tese – Universidade de Évora, Évora, 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/13095>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

COSTA, R. M. *Ação antropogênica sobre o relevo e sua influência na modelagem de predição de escorregamentos e de risco na bacia hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora - MG*. 2019. p. 224. Dissertação – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/10311>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

CULLINAN, V. I.; THOMAS, J. M. A comparison of quantitative methods for examining landscape pattern and scale. *Landscape Ecology*, 1992.

DIAS, J. E.; GOES, M. H. B.; SILVA, J. X.; GOMES, O. V. O. Geoprocessamento Aplicado À Análise Ambiental: O Caso do Município de Volta Redonda - RJ. In: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (Orgs.); *Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 143-177.

ESCOBAR, F. B. *Padrões estruturais fitossociológicos e áreas potenciais para corredores ecológicos na bacia do Puraquequara Manaus - AM*. 2016. p. 100. Dissertação – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5513>>. Acesso em: 10 out. 2021.

Estatuto da Cidade: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001.

FELIPPE, M.; MATOS, R.; MAGALHÃES JR., A.; COSTA, A.; GARCIA, R. Evolução da ocupação urbana das zonas preferenciais de recarga de aquíferos de Belo Horizonte-MG. *Revista Geografia*, v. 1, p. 1–9, 2011. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/revistageografia/files/2011/12/Revista\\_Geografia\\_Dez-2011\\_-\\_Miguel1.pdf](http://www.ufjf.br/revistageografia/files/2011/12/Revista_Geografia_Dez-2011_-_Miguel1.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2021.

FRAMIL, F. D. L. *Análise das mudanças no uso e cobertura da terra no município de Viçosa – MG através da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5 TM dos anos de 1985, 1998 e 2011*. 2013. p. 100. Monografia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2013/08/Filipe-de-Lorenzo-Framil.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

GOMES, C. F. *Projeto Nacional: O dever da esperança*. 1º ed. Leya, 2020.

GOMES, O. V. DE O.; MARQUES, E. D.; SOUZA, M. D. C. DE; SILVA-FILHO, E. V. DA. Influência antrópica nas águas superficiais da cidade de Três Rios, (RJ). *Geochimica Brasiliensis*, v. 27, n. 1, p. 77–86, 2013.

HERZOG, F.; LAUSCH, A.; MÜLLER, E.; THULKE H.; STEINHARDT U.; LEHMANN, S. Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation. *Environmental Management*, v. 27, p. 91-107 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro. *IBGE*, 2012.

\_\_\_\_\_. Divisão Territorial Brasileira - DTB. Rio de Janeiro. *IBGE*, 2020a.

\_\_\_\_\_. Estimativa a Respeito do Censo Brasileiro de 2020. Rio de Janeiro. *IBGE*, 2020b.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Brasília. *INMET*, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

JUNG, M. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Ecological Informatics*, v. 31, p. 18–21, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>>. Acesso em: 18 jul. 2021.

JUVANHOL, R. S. *Análise espacial de fragmentos florestais no corredor ecológico entre os parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, ES*. 2011. p. 58. Monografia – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011. Disponível em: <[https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc\\_ronie\\_silva\\_juvanhhol.pdf](https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc_ronie_silva_juvanhhol.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2020.

KARASIAK, N. *dzetsaka*: Classification tool. v. 3.4.3, 2017.

LEITE, L. C. O. F.; ROCHA, C. H. B. Monitoramento Da Alteração Da Paisagem Florestal Entre 2004 E 2018 No Município De Juiz De Fora, Mg - Brasil. *Geofronter*, v. 6, n. 1, p. 1–20, 2018.

LI, B. L.; ARCHER, S. Weighted mean patch size: A robust index for quantifying landscape structure. *Ecological Modelling*, 1997.

LOO, A. *Análise dos condicionantes das inundações do rio Sesmaria, em Resende/RJ*. 2019. p. 146. Dissertação – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/11546>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service*, 1995.

QGIS, D. T. *Quantum GIS geographic information system: Open Source Geospatial Foundation Project*, 2020.

SEBUSIANI, H. R. V.; DO CARMO BETTINE, S. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 7, n. 1, p. 256–285, 2011.

SILVÉRIO NETO, R.; BENTO, M. DE C.; MENEZES, S. J. M. DA C. DE; ALMEIDA, F. S. Caracterização da Cobertura Florestal de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 32–41, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-80872015000100032&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000100032&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 10 mai. 2021.

SOUTHWORTH, J.; NAGENDRA, H.; TUCKER, C. Fragmentation of a landscape: Incorporating landscape metrics into satellite analyses of land-cover change. *Landscape Research*, v. 27, n. 3, p. 253-269, 2002.

SPOSITO, M. E. B. Desafios para o estudo das cidades médias. *XI Seminário Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio*, v. 11, p. 1–18, 2010.

TURNER, M. G.; O'NEILL, R. V.; GARDNER, R. H.; MILNE, B. T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, v. 3, n. 3-4, p. 153-162, 1989.

VERONESE, J. V.; ROCHA, C. H. B.; SILVA, M. D. Análise de índices de ecologia da paisagem do núcleo Atalaia-Dama Branca - PECSol, RJ, Brasil. *Geographia Meridionalis*, v. 5, n. 1, p. 68–86, 2019.

ZAIDAN, R. T.; FERNANDES, N. F. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, p. 57–76, 2009.