



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

RESTAURAÇÃO FLORESTAL E SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: DINÂMICA DA COBERTURA FLORESTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU-ES

MENDES, Lucas José, UFSM, mendeslucasjose@gmail.com

MILAGRE, Jocimar Caiafa, UFSM, jocimarcaiafa@gmail.com

MORAIS JÚNIOR, Vicente Toledo Machado de, UFV, vicente.morais@ufv.br

AMARAL, Lúcio de Paula, UFSM, lucio.amaral@ufsm.br

Resumo

Os recursos hídricos estabelecem estreitas inter-relações com outros componentes do meio ambiente, entre eles a vegetação. Uma adequada cobertura florestal em bacias hidrográficas do bioma Mata Atlântica é essencial para assegurar a sustentabilidade e disponibilidade hídrica para os diferentes usos. A bacia hidrográfica do Rio Guandu-ES está localizada nesse bioma e apresenta considerável grau de degradação ambiental e uso não planejado da água. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica temporal da cobertura florestal da bacia do Rio Guandu através do uso de métricas de ecologia da paisagem. A análise da paisagem nos anos de 1985 e 2020 permitiu identificar um aumento de 11,6% na cobertura florestal nativa da bacia, com acréscimo no número e área média dos fragmentos. Consequentemente, os remanescentes florestais ficaram mais próximos entre si e apresentaram maior densidade de borda. Apesar do aumento na cobertura de vegetação nativa, o elevado número de fragmentos pequenos (< 5 ha) demonstra que é preciso desenvolver ações de restauração florestal principalmente nas áreas de APP da bacia. As ações de restauração florestal na bacia devem priorizar a conectividade de áreas, com a união de fragmentos menores e a formação de mosaicos de vegetação funcionalmente interligados.

Palavras-chave: Recursos hídricos, recuperação, ecologia da paisagem, Mata Atlântica.

1. Introdução

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 30 milhões de pessoas ainda não têm acesso a serviços de água potável geridos de forma segura no Brasil (OMS, 2020). Além disso, a maioria das regiões brasileiras enfrentou as secas mais severas e intensas dos últimos 60 anos entre 2011 e 2019, o que afetou atividades econômicas e o abastecimento de água em diversas cidades (CUNHA et al., 2019). Esses dados demonstram o quanto a gestão sustentável da água e dos fatores que estão associados à sua qualidade e quantidade são de extrema importância.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

As florestas têm a capacidade de atuar na manutenção da qualidade da água das bacias hidrográficas e na regularização da vazão de nascentes e cursos d'água (MELLO et al., 2018; RAMIÃO, 2020). Além de proteger os recursos hídricos (LOPES et al., 2020), as florestas apresentam papel primordial na manutenção da biodiversidade, sequestro de carbono e mitigação das mudanças climáticas (BONAN, 2008). Apesar disso, nas últimas décadas, as atividades humanas levaram a um intenso processo de degradação das florestas, principalmente pela sua conversão em áreas agrícolas e pastagem (GIBBS et al., 2010; MARACAHIPES-SANTOS, 2020).

Inserida no baixo trecho da bacia do Rio Doce, a bacia hidrográfica do Rio Guandu localiza-se na região central serrana do estado do Espírito Santo e apresenta considerável grau de degradação ambiental e uso não planejado da água, com altos índices de desmatamentos (CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME, 2010), vulnerabilidade às secas e um acirramento de conflitos pelo uso da água (BATISTA JÚNIOR, 2012). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021a), estima-se que a bacia do Rio Guandu seja ocupada por cerca de 85 mil pessoas que desempenham principalmente atividades agrícolas, tais como cultivo de café, tomate, inhame e banana, além da pecuária, indústria e serviços.

Mediante o exposto, o estudo da dinâmica da cobertura florestal da bacia hidrográfica do Rio Guandu nas últimas décadas pode ser importante na definição de ações estratégicas de restauração florestal visando a proteção dos seus recursos hídricos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica temporal da cobertura florestal da bacia hidrográfica do Rio Guandu entre os anos de 1985 e 2020 através do uso de métricas de ecologia da paisagem.

2. Fundamentação teórica

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei nº 9.433/1997) abrange normas e princípios para a gestão dos recursos hídricos e coloca a bacia hidrográfica como unidade territorial básica de implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Segundo Almeida (2012), no espaço da bacia hidrográfica é possível entender com mais clareza as inter-relações e a dinâmica de componentes ambientais como a vegetação, o relevo, o solo, o clima e os recursos hídricos. Além disso, a caracterização de uma bacia hidrográfica elucidada a compreensão dos conflitos antrópicos, as consequentes mudanças ambientais e permite o entendimento da dinâmica ambiental dos ecossistemas a nível local e regional (TEODORO et al., 2007; ALMEIDA, 2012).

A bacia hidrográfica do Rio Guandu está inserida no bioma Mata Atlântica, que vem sofrendo com impactos antrópicos e consequente perda de cobertura florestal (RIBEIRO et al., 2009). Diante do elevado grau de desmatamento, a Mata Atlântica se tornou um dos ecossistemas brasileiros mais explorados e fragmentados (ARAÚJO; KOMONEN; LOPES-ANDRADE, 2015). Nesse sentido, para manter, recuperar e ampliar a cobertura da Mata Atlântica no estado do Espírito Santo, vem sendo adotadas algumas medidas de desenvolvimento sustentável. O “Plano de Desenvolvimento Espírito Santo 2030” do governo estadual



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

possui como meta estratégica o aumento da cobertura florestal da Mata Atlântica no estado em 8% até 2030, em referência ao valor de 2012. Para isso, o plano prevê propostas como a viabilização da eficiência dos programas de reflorestamento e recuperação de nascentes (ESPÍRITO SANTO, 2013).

Diante desse quadro de degradação ambiental e da estreita relação dos recursos hídricos com a vegetação, é primordial avaliar a cobertura florestal das bacias hidrográficas presentes em áreas naturalmente florestais. Assim, o estudo da ecologia da paisagem com o uso de métricas pré-estabelecidas e tecnologias geoespaciais pode ser empregado para a avaliação da cobertura florestal e identificação dos padrões de paisagem (MCGARIGAL; MARKS, 1995; PIROVANI et al., 2014; PONTE et al., 2017; SANTOS et al., 2018; YU et al., 2019).

Utilizado pela primeira vez por Carl Troll (1939), o termo “ecologia da paisagem” diz respeito a espacialidade da paisagem em que o homem está inserido. De acordo com Yu et al. (2019), a utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG) aliados ao sensoriamento remoto, vem crescendo e tornando-se mais diversificada e quantitativa nos últimos anos. Para o estudo da ecologia da paisagem, o sensoriamento remoto e o SIG são as técnicas mais utilizadas (YU et al., 2019). Com isso, nos últimos anos, foram desenvolvidos diversos pacotes de aplicativos computacionais que disponibilizam métricas descritivas das estruturas da paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009).

Os aplicativos computacionais podem caracterizar a fragmentação da paisagem, além de fornecer valores quantitativos de extensão de área e distribuição espacial dos fragmentos que compõem a paisagem (YU et al., 2019). Essa utilização de ferramentas de SIG permite a obtenção de resultados mais confiáveis e precisos em análises sobre a cobertura florestal (PORTILLO-QUINTERO et al., 2012). Além disso, a ecologia da paisagem é usada no estudo de delimitação de corredores ecológicos, com o objetivo de avaliar a paisagem da floresta e definir melhores estratégias de gerenciamento dessas áreas (SAITO et al., 2016; SANTOS et al., 2018). De acordo com Santos et al. (2018), essa metodologia pode ser aplicada em diversas ecorregiões brasileiras e globais, sendo um instrumento aliado nas políticas de proteção.

3. Metodologia

3.1 Descrição da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Guandu, na região central serrana do Estado do Espírito Santo, Brasil. A bacia abrange os municípios capixabas de Afonso Cláudio, Baixo Guandu, Brejetuba e Laranja da Terra (Figura 1). Integrante da rede hidrográfica da bacia do Rio Doce, o Rio Guandu estende-se por cerca de 160 km desde sua nascente em Afonso Cláudio até a foz em Baixo Guandu (BATISTA JÚNIOR, 2012), drenando uma área de 2.148,91 km² (IBGE, 2021b).

Segundo a classificação de Köppen, os climas da região são Aw - tropical com inverno seco (Baixo Guandu e Laranja da Terra), Cfa - subtropical úmido com verão quente (Afonso



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Cláudio) e Cfb - subtropical úmido com verão temperado (Brejetuba). Os valores de temperatura média anual nos quatro municípios da bacia variam entre 18,2 e 21,8°C e a precipitação média anual varia entre 1.231 e 1.269 mm (ALVARES et al., 2013).

A vegetação dominante na bacia é a Mata Atlântica, com predomínio das formações Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual (MARTINS; CAVARARO, 2012). A principal atividade de uso do solo é a agropecuária, que é responsável por ocupar cerca de 61,5% da área total da bacia (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010).

De acordo com o Consórcio ECOPLAN-LUME (2010) a topografia da região da bacia do Rio Guandu é caracterizada por relevo forte ondulado a montanhoso, bastante movimentado, com ocorrência principalmente de solos dos tipos Argissolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos. Com relação à hidrogeologia, aproximadamente 96% da bacia situa-se sobre os sistemas aquíferos fissurados das rochas cristalinas e 4% sobre aquíferos granulares ou porosos (BATISTA JÚNIOR, 2012).

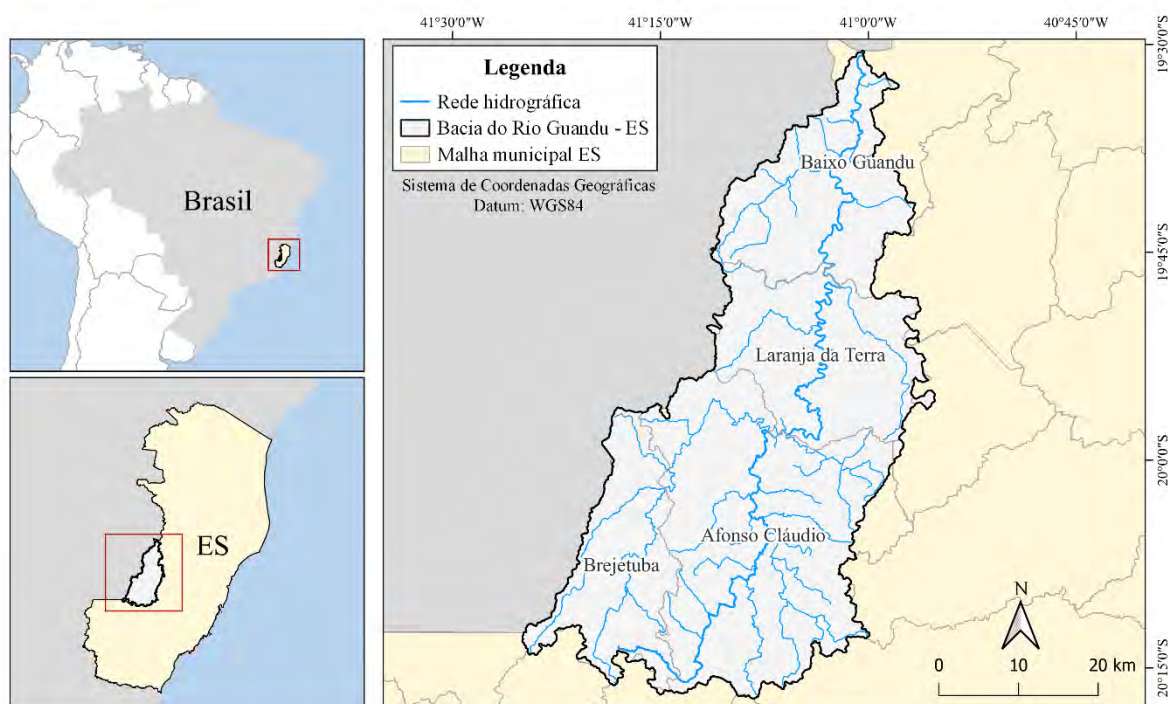


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Guandu no estado do Espírito Santo (ES), Brasil. Fonte: Autores (2021).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

3.2 Avaliação da cobertura florestal

A cobertura florestal da bacia do Rio Guandu nos anos de 1985 e 2020 foi obtida a partir da base de dados de cobertura e uso do solo do Projeto MapBiomas, Coleção 6.0. A classificação do MapBiomas utiliza imagens do satélite Landsat, com resolução espacial de 30 metros, disponíveis gratuitamente na plataforma *Google Earth Engine* (PROJETO MAPBIOMAS, 2021). Para delimitação da bacia, foram utilizados arquivos vetoriais, no formato *shapefile*, disponibilizados pelo sítio eletrônico do IBGE (IBGE, 2021b).

Para a quantificação e caracterização dos fragmentos florestais foram utilizadas métricas de ecologia da paisagem. Os fragmentos foram classificados, de acordo com o seu tamanho, em C1 (< 5 ha), C2 (5-25 ha), C3 (25,1-50 ha) e C4 (> 50 ha). Os cálculos das métricas de ecologia da paisagem foram realizados pela extensão *Vector-based Landscape Analysis Tools 2.0* (V-Late 2.0) (LANG; TIEDE, 2003) no SIG ArcGIS® (versão 10.8).

Foram calculadas as métricas de área da classe (CA), área média dos fragmentos (MPS), número de fragmentos (NP), desvio padrão da área dos fragmentos (PSSD), coeficiente de variação da área dos fragmentos (PSCoV), densidade de borda (ED) e distância média do fragmento mais próximo (MNN), conforme adaptado de McGarigal e Marks (1995). A métrica ED compreende a relação entre o comprimento total da borda (m) e área total (ha) dos fragmentos de uma determinada classe.

4. Resultados

Através da análise espacial da cobertura florestal foi identificado o predomínio de fragmentos pequenos (< 5 ha), embora os fragmentos grandes (> 50 ha) sejam responsáveis por ocupar a maior parte da área florestada nativa da bacia hidrográfica do Rio Guandu (Figura 2). Os valores totais de número de fragmentos (NP), área das classes (CA) e tamanho médio (MPS) dos fragmentos aumentaram entre os anos analisados em 7,0%, 11,6% e 4,3%, respectivamente (Tabela 1). Os aumentos de NP e CA ocorreram nas classes C1 e C4, enquanto nas classes C2 e C3 houve diminuição dos valores (Tabela 1). Já para MPS foi verificada a diminuição dos valores nas classes C1 e C3, estabilidade na classe C2 e aumento na classe C4. Os aumentos totais de CA e MPS no período estudado ocorreram principalmente em função da elevada representatividade da área dos fragmentos da classe C4, que correspondeu a 62,0% da cobertura florestal total em 2020.

As áreas de florestas representaram em 2020 aproximadamente 26% da área total da bacia. De acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), toda propriedade rural deveria ter pelo menos 20% de cobertura florestal a título de Reserva Legal (RL) no Bioma Mata Atlântica. Entretanto, ainda teria que ser considerado as Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o Consórcio ECOPLAN - LUME (2010), em 2006, mais de 40% das nascentes da bacia não estavam protegidas por matas e mais de 80% das margens de rios, riachos, lagos e lagoas não apresentavam mata ciliar em bom estado de conservação. Nas encostas



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

essa situação foi ainda pior, principalmente nos municípios de Afonso Cláudio e Baixo Guandu, onde a proteção foi menor que 2%.

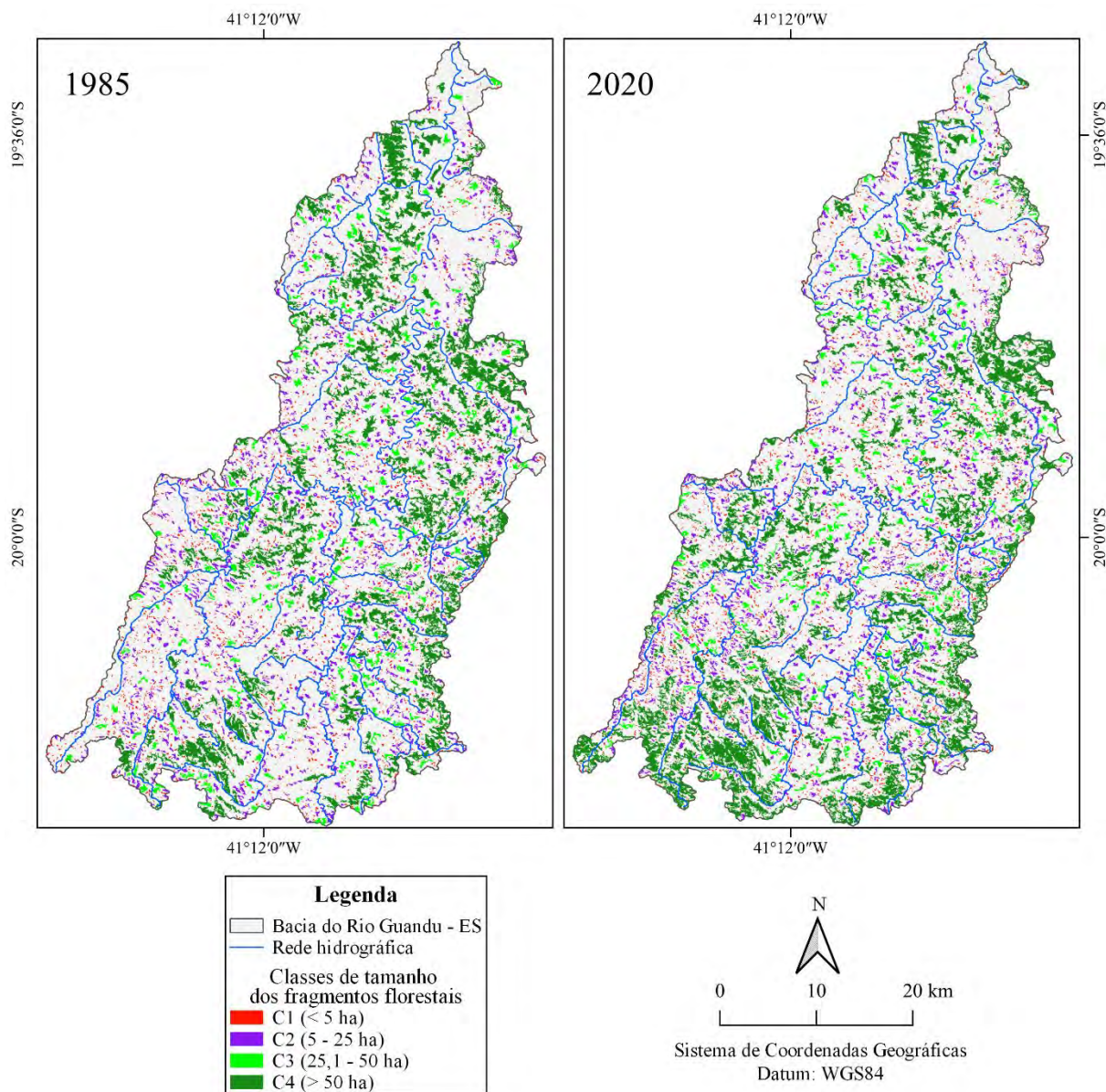


Figura 2 – Distribuição dos fragmentos florestais nos anos de 1985 e 2020 na bacia hidrográfica do Rio Guandu-ES. Fonte: Autores (2021).

O Código Florestal também prevê a instituição de programas de apoio técnico e incentivos financeiros, como o pagamento por serviços ambientais (PSA) (Brasil, 2012). No Espírito



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Santo, o Programa Reflorestar é uma importante iniciativa de PSA que visa a restauração e conservação da vegetação nativa no estado (BENINI et al., 2016). O programa vem sendo desenvolvido em municípios da bacia do Rio Guandu e já foi responsável por compensar produtores pela conservação e recuperação de mais de dois mil hectares no período de 2015 a 2019 (SEAMA, 2021).

A densidade de borda (ED) diminuiu com o aumento do tamanho dos fragmentos (Tabela 1). Entre 1985 e 2020, o valor total de ED aumentou em 6,5%, com aumento de ED nas quatro classes de tamanho (Tabela 1). Assim como encontrado por Rosa et al. (2017), o aumento de ED neste estudo está relacionado ao aumento do número e tamanho dos fragmentos da bacia. Segundo McGarigal et al. (2002), maiores valores de ED representam maior efeito de borda. De acordo com Haddad et al. (2015), o aumento do efeito de borda dos remanescentes florestais conduz à uma maior exposição a ventos e acentuadas diferenças microclimáticas, que facilitam intervenções antrópicas e causam diversos impactos físicos e biológicos.

Tabela 1 – Valores das métricas de ecologia da paisagem calculadas para os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Guandu-ES nos anos de 1985 e 2020.

Ano	Grupo	Métricas*	Classes de tamanho				Total
			C1 (< 5 ha)	C2 (5-25 ha)	C3 (25,1-50 ha)	C4 (> 50 ha)	
1985	Área e Densidade	CA (ha)	5.350,68	10.903,05	6.059,61	27.482,49	49.795,83
		MPS (ha)	1,70	10,88	35,64	151,00	11,08
		NP (adimensional)	3.142	1.002	170	182	4.496
		PSSD (ha)	1,20	5,21	7,16	159,38	43,75
		PSCoV (%)	70,54	47,86	20,09	105,55	395,01
	Borda	ED (m/ha)	437,02	240,81	177,39	143,36	200,40
	Proximidade	MNN (m)	227,8	312,6	1.108,3	364,6	285,5
2020	Área e Densidade	CA (ha)	5.709,51	9.932,31	5.446,53	34.470,99	55.559,34
		MPS (ha)	1,61	10,94	34,04	182,39	11,55
		NP (adimensional)	3.553	908	160	189	4.810
		PSSD (ha)	1,19	5,21	6,85	256,66	61,91
		PSCoV (%)	73,95	47,67	20,13	140,73	535,99
	Borda	ED (m/ha)	467,89	258,51	198,25	160,77	213,48
	Proximidade	MNN (m)	201,7	333,2	941,5	369,2	257,8

Legenda: *CA (Área da classe); MPS (Área média dos fragmentos); NP (Número de fragmentos); PSSD (Desvio padrão da área dos fragmentos); PSCoV (Coeficiente de variação da área dos fragmentos); ED (Densidade de borda); MNN (Distância média do fragmento mais próximo). Fonte: Autores (2021).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

A distância média entre os fragmentos, expressa pela métrica MNN, diminuiu 27,8 m entre os anos de 1985 e 2020 (Tabela 1). Essa diminuição representa um aumento da proximidade dos remanescentes florestais da bacia, porém os mesmos ainda se encontram muito distanciados entre si ($MNN > 200$ m) (Tabela 1). Segundo Diniz et al. (2021), uma menor distância entre os fragmentos propicia a formação de mosaicos de cobertura florestal funcionalmente interligados, capazes de contribuir com a conectividade regional. Além disso, os processos de restauração florestal são favorecidos quando a área a ser restaurada encontra-se mais próxima de remanescentes de vegetação nativa que podem fornecer propágulos de diferentes espécies (MARTINS; MIRANDA NETO; RIBEIRO, 2015).

Para a proteção dos recursos hídricos da bacia é essencial o desenvolvimento de estratégias de restauração florestal para acelerar o aumento da cobertura de vegetação nativa, principalmente nas APPs hídricas. Recentes estudos têm demonstrado que o tipo de uso e ocupação do solo no entorno de nascentes e cursos d'água podem refletir em indicadores da qualidade da água (FIERRO et al., 2017; MELLO et al., 2018; TOLKKINEN et al., 2020; RAMIÃO; CÁSSIO; PASCOAL, 2020). De acordo com Ramião, Cássio e Pascoal (2020), o uso e ocupação do solo na faixa ripária influencia na qualidade da água, além das matas ciliares serem essenciais para reduzir a exportação de nutrientes para os ecossistemas a jusante. Na mesma linha, Mello et al. (2018), em seu estudo na bacia do Rio Sarapuí/SP, concluíram que a cobertura florestal é o tipo de uso e ocupação do solo mais importante para a manutenção da qualidade da água em riachos.

As ações de restauração florestal na bacia devem priorizar a conectividade de áreas, com a união de fragmentos menores e a formação de mosaicos de vegetação funcionalmente interligados. Dentre as técnicas que podem ser empregadas no processo de restauração da bacia, destacam-se a regeneração natural, a semeadura direta e o plantio de mudas. A escolha da técnica mais apropriada para cada situação deve levar em consideração o grau de degradação, o potencial de regeneração natural e a matriz em que a área a ser restaurada está inserida, além de aspectos econômicos e sociais.

5. Conclusões

Através da análise da paisagem nos anos de 1985 e 2020 foi possível identificar um aumento de 11,6% na cobertura florestal nativa da bacia, com acréscimo no número e área média dos fragmentos. Consequentemente, os remanescentes florestais ficaram mais próximos entre si e apresentaram maior densidade de borda. Apesar do aumento na cobertura de vegetação nativa e na proximidade dos fragmentos, o elevado número de fragmentos pequenos (< 5 ha) demonstra que é preciso desenvolver ações de restauração florestal principalmente nas áreas de APP da bacia.

Este estudo permitiu avaliar a dinâmica da cobertura florestal da bacia hidrográfica do Rio Guandu num intervalo de 35 anos a partir do uso de métricas de ecologia da paisagem. Além de fornecer informações para o processo de restauração florestal, os resultados encon-



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

trados auxiliam na aplicação de metodologias para implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, contribuindo na definição de melhores práticas e políticas a fim de garantir o uso sustentável da água.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado de Jocimar Caiafa Milagre e Lucas José Mendes e ao Projeto MapBiomias pela disponibilização do mapeamento de uso e ocupação do solo.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, L. Q. *Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 217 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/109207>. Acesso em: 25 set. 2021.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, v. 191, p. 659-666, 2015.

BATISTA JÚNIOR, W. *Identificação e avaliação dos fatores de ocorrência de secas na bacia do Rio Guandu - Espírito Santo*. 2012. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BENINI, R. D. M. *et al.* Plano estratégico da cadeia da restauração florestal: o caso do Espírito Santo. In: Silva, A. P. M. *et al.* (ed.) *Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implementação da nova lei*. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. cap. 8, p. 209-234.

BONAN, G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, v. 320, n. 5882, p. 1444-1449, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 26 set. 2021.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 26 set. 2021.

CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Análise Guandu - PARH GUANDU. In: _____. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce*. Brasília, 2010. 88 p.

CUNHA, A. P. M. A. *et al.* Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

DINIZ, M. F. *et al.* The underestimated role of small fragments for carnivore dispersal in the Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 19, n. 1, p. 81-89, 2021.

ESPÍRITO SANTO. *Plano de Desenvolvimento. Espírito Santo – 2030*. Vitória: Contemporânea Ltda, 2013. 252 p. Disponível em: <https://planejamento.es.gov.br/plano-es-2030>. Acesso em: 25 set. 2021.

FIERRO, P. *et al.* Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. *Science of the Total Environment*, v. 609, p. 724-734, 2017.

GIBBS, H. K. *et al.* Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 38, p. 16732-16737, 2010.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *IBGE Cidades/Espírito Santo*. 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>. Acesso em: 20 set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil*. 2021b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais.html>. Acesso em: 22 set. 2021.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LANG, S.; TIEDE, D. vLATE Extension für ArcGIS–vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. *ESRI Anwenderkonferenz*, p. 1-10, 2003.

LOPES, T. R. *et al.* Priority areas for forest restoration aiming at the maintenance of water resources in a basin in the Cerrado/Amazon ecotone, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 101, p. 102630, 2020.

MARACAHIPES-SANTOS, L. *et al.* Agricultural land-use change alters the structure and diversity of Amazon riparian forests. *Biological Conservation*, v. 252, p. 108862, 2020.

MARTINS, L.; CAVARARO, R. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272 p.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; RIBEIRO, T. M. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. (ed.) *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: Editora UFV, 2012. cap. 1, p. 19-41.

MCGARIGAL, K. *et al.* *Fragstats: Spatial pattern analysis program for categorical maps - version 3.3 build 5*. Amherst: University of Massachusetts, 2002.

MCGARIGAL, K; MARKS, B.J. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Covallis Oregon: For Science Department Oregon State University, 1995. 56 p.

MELLO, K. *et al.* Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. *Catena*, v. 167, p. 130-138, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). The Global Health Observatory. *Water, sanitation and hygiene*. 2020. Disponível em: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/population-using-safely-managed-drinking-water-services-\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/population-using-safely-managed-drinking-water-services-(-)). Acesso em: 27 set. 2021.

PIROVANI, D. B. *et al.* Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. *Revista Árvore*, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

PONTE, E. *et al.* Paraguay's Atlantic Forest cover loss–Satellite-based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. *Applied Geography*, v. 79, p. 37-49, 2017.

PORTILLO-QUINTERO, C. A. *et al.* Forest cover and deforestation patterns in the Northern Andes (Lake Maracaibo Basin): a synoptic assessment using MODIS and Landsat imagery. *Applied Geography*, v. 35, n. 1-2, p. 152-163, 2012.

PROJETO MAPBIOMAS. *Coleções MapBiomias*. Disponível em:
https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 25 set. 2021.

RAMIÃO, J. P.; CÁSSIO, F.; PASCOAL, C. Riparian land use and stream habitat regulate water quality. *Limnologica*, v. 82, p. 125762, 2020.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141- 1153, 2009.

ROSA, P. A. *et al.* Dinâmica de fragmentos florestais no noroeste do Rio Grande do Sul. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 21, n. 1, p. 177-189, 2017.

SAITO, N. S. *et al.* Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n. 2, p. 201-210, 2016.

SANTOS, J. S. *et al.* Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, v. 88, p. 414-424, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEAMA). *Resultados do Programa Reflorestar*. Disponível em:
https://seama.es.gov.br/resultados_programa. Acesso em: 20 set. 2021.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TOLKKINEN, M. J. *et al.* Streams and riparian forests depend on each other: A review with a special focus on microbes. *Forest Ecology and Management*, v. 462, p. 117962, 2020.

TROLL, C. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Ihr zweckmäßiger Einsatz für die wissenschaftliche Erforschung und praktische Erschließung wenig bekannter Länder. *Zeitschrift der gesellschaft für erdkunde zu Berlin*, v. 1939, n. 7, 8, p. 241-298, 1939.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

YU, H. *et al.* Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. *Ecological informatics*, v. 51, p. 185-192, 2019.