



ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS CORREDORES ECOLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO ANICUNS, GOIÂNIA – GO

Jaila Raiane Barbosa de Souza¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0356-0244>

Fabrizia Gioppo Nunes² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6159-4701>

Alex Mota dos Santos³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5156-3968>

João Vitor Roque Guerrero⁴ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5393-3803>

Carlos Fabricio Assunção da Silva⁵ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7009-8996>

¹ Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

² Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil**

³ Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna, Bahia, Brasil***

⁴ Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil****

⁵ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil*****

Artigo recebido em 27/01/2024 e aceito em 22/07/2024

RESUMO

Os corredores ecológicos são fundamentais para a conservação da biodiversidade e equilíbrio da paisagem. Sua presença em áreas urbanas contribui para a manutenção do meio físico e possibilita a conformidade com as diretrizes do desenvolvimento sustentável ODS 11, previstas na Agenda 2030 da ONU. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi o de realizar uma análise da fragmentação da vegetação para identificar potenciais corredores ecológicos na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, município de Goiânia, Goiás, Brasil. Os procedimentos metodológicos incluíram o processamento digital de imagem do satélite CBERS 4A - sensor WPM, a análise de métricas da paisagem e álgebra de mapas. As informações foram organizadas com o auxílio de um Sistema de Informação Geográficas (SIG) e de dados geoespaciais obtidos de bases públicas como da Prefeitura Municipal de Goiânia, IBGE e Defesa Civil. Os resultados indicaram alta fragmentação da vegetação, onde dos 6.504 fragmentos, 6.260 (96,25% do total) têm o tamanho menor que 1 hectare, representando polígonos muito pequenos. Entretanto, a bacia apresenta 7 grandes

* Mestra em Geografia. Analista Técnica Future *Climate Group*. E-mail: jaila.raiane@hotmail.com

** Doutora em Geologia. Docente da Universidade Federal de Goiás. E-mail: fabrizia.iesa.ufg@gmail.com

*** Doutor em Geografia. Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia. E-mail: alexmota@ufsb.edu.br

**** Doutor em Ciências Ambientais. Pós-doutorando na Universidade Federal de Goiás. E-mail: jvguerrero2@gmail.com

***** Doutor em Engenharia Civil. Docente da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: calos.assuncao@ufpe.br

fragmentos de vegetação maiores que 40 hectares, polígonos estes, que representam áreas relevantes como núcleos de conexão com outros fragmentos menores, que podem configurar futuros corredores ecológicos.

Palavras-chave: recursos florestais; mapeamento; sustentabilidade urbana.

ANALYSIS OF VEGETATION FRAGMENTATION FOR THE EVALUATION OF POTENTIAL ECOLOGICAL CORRIDORS IN THE URBAN WATERSHEDS OF THE RIBEIRÃO ANICUNS, GOIÂNIA - GO

ABSTRACT

Ecological corridors are fundamental for the conservation of biodiversity and landscape balance. Their presence in urban areas has contributed to the stability of the physical environment and allows the which the sustainable development guidelines ODS 11, foreseen in the 2030 Agenda the United Nations. Thus, the objective of this work was to conduct an analysis of vegetation fragmentation to identify potential ecological corridor routes in the area of the watershed of Ribeirão Anicuns, municipality of Goiânia, Goiás, Brazil. The methodological procedures adopted have included digital satellite image processing (CBERS 4A), WPM sensor, landscape metrics analysis and map algebra. The data were organized with the aid of a Geographic Information System (GIS) and geospatial data obtained from public databases such as the Municipal Government of Goiânia, IBGE and Civil Defense. The results of the study indicated a high fragmentation of the vegetation, where of the 6.504 fragments, 6.260 (96.25% of the) were smaller than 1 hectare, which represents very small polygons. However, the basin presents 7 large vegetation fragments larger than 40 hectares, these polygons represent interesting areas for the implementation of connections with other smaller fragments that can constitute future ecological corridors.

Keywords: forest resources; mapping; urban sustainability.

ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DE LA VEGETACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE POTENCIALES CORREDORES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA URBANA DE RIBEIRÃO ANICUNS, GOIÂNIA - GO

RESUMEN

Los corredores ecológicos son fundamentales para la conservación de la biodiversidad y el equilibrio paisajístico. Su presencia en áreas urbanas contribuye al mantenimiento del medio físico y permite el cumplimiento de las directrices de desarrollo sostenible ODS 11, previstas en la Agenda 2030 de la ONU. Así, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de la fragmentación de la vegetación para identificar potenciales rutas de corredores ecológicos en el área de la cuenca hidrográfica de Ribeirão Anicuns, municipio de Goiânia, Goiás, Brasil. Los procedimientos metodológicos incluyeron el procesamiento digital de imágenes del satélite CBERS 4A - sensor WPM, análisis métrico del paisaje y álgebra de mapas. La información se organizó con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y datos geoespaciales obtenidos de bases de datos públicas como la alcaldía Municipal de Goiânia, IBGE y Defensa Civil. Los resultados indican una alta fragmentación de la vegetación, donde 6.260 de los 6.504 fragmentos (96,25%) son menores de 1 hectárea, representando polígonos muy pequeños. Sin embargo, la cuenca presenta 7 grandes fragmentos de vegetación mayores de 40 hectáreas, representando estos polígonos áreas relevantes para la conexión con otros fragmentos menores que pueden configurar futuros corredores ecológicos.

Palabras clave: recursos forestales; cartografía; sostenibilidad urbana.

INTRODUÇÃO

O início deste século ficará marcado como o momento em que mais de 50% da população mundial passará a viver em áreas urbanas (UNFPA, 2007). No Brasil, mais de 80% da população já vive nestas áreas, criando os aglomerados urbanos, denominados de regiões metropolitanas (Grostein, 2001). Os efeitos desse processo fazem-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativo à saúde pública (Kondo *et al.*, 2018), aos recursos hídricos (Mcgrane, 2016; Miller e Hutchins, 2017), produção de resíduos sólidos (Kumar *et al.*, 2019), instabilidade e contaminação dos solos (De Kimpe e Morel, 2000), qualidade do ar e aumento das temperaturas de superfície (Kinney, 2018).

Nesse embate, de crescimento urbano *versus* qualidade ambiental, os temas relacionados ao desenvolvimento sustentável tornam-se cada vez mais recorrentes nas literaturas nacionais e internacionais e são de alta prioridade no âmbito das ciências de gestão urbana, ecologia da paisagem e políticas públicas ambientais (Liu *et al.*, 2011; Kabisch; Qureshi; Haase, 2015; Fang *et al.*, 2017). Emerge-se, assim, um novo paradigma, que direciona as ferramentas das geotecnologias como recursos tecnológicos e inteligentes de apoio à tomada de decisão para o desenvolvimento das cidades sustentáveis e resilientes.

Neste sentido, são diversos os estudos que têm empregado os métodos e as técnicas das geotecnologias na questão das cidades sustentáveis, a exemplo de Cabral e Cândido (2019), que apresentam uma reflexão sobre as relações de causas e efeitos, entre urbanização e vulnerabilidade, a partir da compreensão de riscos socioambientais. Coville *et al.* (2020) apontam a importância dos modelos hidrológicos, aplicados em SIG, na avaliação da arborização urbana como potencializadoras dos serviços ecossistêmicos hidrológicos. Teng *et al.* (2016) aplicam modelagem baseada em geotecnologias para otimizar a conservação da rede florestal em áreas urbanas de Wuhan na China.

Em seu trabalho, Peng, Zhao e Liu (2017) reconhecem que a concepção de corredores ecológicos urbanos foi utilizada pela primeira vez no relatório de planejamento ecológico urbano do Programa Homem e Biosfera (MAB), em 1984. E, seguem destacando as análises qualitativas, quantitativas e espaciais como os três principais métodos empregados na delimitação de corredores ecológicos urbanos. Marulli e Mallarach (2015), enfatizam o uso das ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), para estimar conectividades ecológicas na área metropolitana de Barcelona. Em Montreal no Canadá, Dupras *et al.* (2016), aplicam técnicas de análises da fragmentação de remanescentes florestais, para mensurar impactos na conectividade ecológica de áreas verdes da região metropolitana da cidade.

No entanto, a completude do SIG, para a análise da estrutura da paisagem já havia sido empregada por Lang e Blaschke (2009). Os autores utilizaram desta técnica para quantificar e avaliar dados espaciais

poligonais e lineares, que refletem unidades ecológicas relevantes. Na visão holística da paisagem, Ferretti e Pomarico (2013) chamam a atenção para os métodos que fazem uso da análise multicritério (MCA), na identificação do valor ecológico da terra, que comporte corredores ecológicos, na região de Piemonte, norte da Itália. Hong *et al.* (2017), avaliam o controle das características de uso e cobertura da terra nos corredores ecológicos de Shenzhen, na China, com a utilização de dados do solo, condições da vegetação, riscos geológicos e distúrbios humanos em um ambiente SIG.

No Brasil podem ser citados os trabalhos de Muchailh *et al.* (2010); Loch *et al.* (2013); Takahashi *et al.* (2012) e Oliveira *et al.* (2016), entre outros, que utilizaram da análise multicritério mediante a integração de dados em SIG, via Álgebra de Mapas, para o delineamento de potenciais corredores ecológicos em bacias hidrográficas. Porém, ainda são escassos os estudos direcionados a utilização das geotecnologias para avaliação de corredores ecológicos em áreas urbanas, principalmente situadas em metrópoles brasileiras.

Entretanto, é importante lembrar que para garantir a maior conectividade entre os fragmentos de áreas verdes de uma cidade, a formação de corredores ecológicos torna-se uma alternativa indispensável, pois estes lineamentos são fundamentais para o equilíbrio sustentável das cidades. Ademais, os corredores ecológicos são adotados pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), como estratégia de conservação global. Passam de função singular de habitat da fauna e flora para função multidirecional de estabilidade e equilíbrio da paisagem e/ou dos ecossistemas terrestres (Peng; Zhao; Liu, 2017).

De modo a contemplar essa realidade, a ação internacional estruturada pela Organização das Nações Unidas (ONU), por intermédio dos ODS11, previsto na Agenda 2030, apresenta as metas para a garantia de cidades e comunidades sustentáveis. Estas, devem ser executadas de modo a tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Inclusive, contribuindo para o Marco de Sendai (*Framework for Disaster Risk Reduction*) na redução de risco de Desastres Naturais, em todos os níveis.

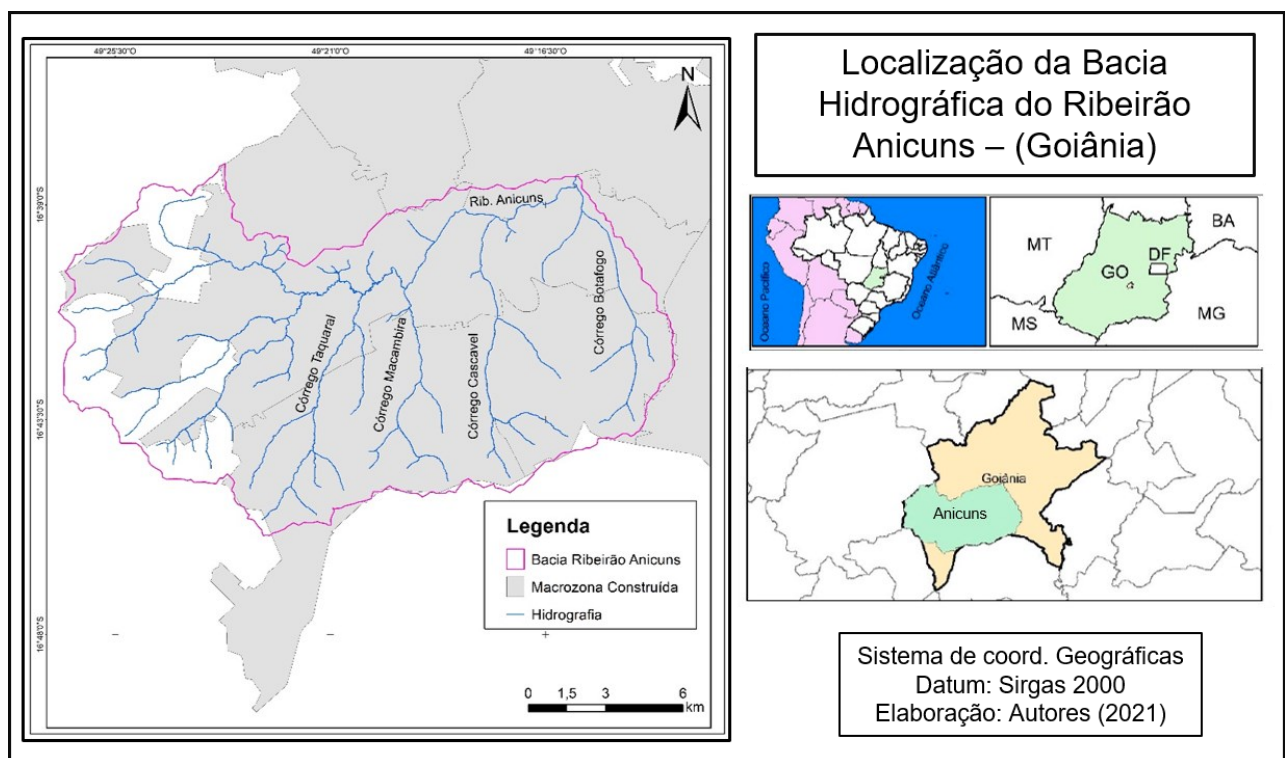
Diante do exposto e da carência de estudos que contemplem corredores ecológicos em áreas urbanas brasileiras, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise da fragmentação da vegetação para identificar potenciais corredores ecológicos na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, no município de Goiânia, Goiás, Brasil. Para tanto, foram empregadas técnicas de processamento digital de imagem de satélite, elaboração e análise de dados geoespaciais, análise de métricas da paisagem e álgebra de mapas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Ribeirão Anicuns é uma das principais bacias hidrográficas da cidade de Goiânia. Nasce na divisa entre a capital e o município de Trindade. Com cerca de 24 km de extensão deságua pela margem direita no rio Meia Ponte. Os córregos Taquaral, Macambira, Cascavel e Botafogo são seus principais tributários. A bacia ocupa aproximadamente 30% da área de Goiânia, correspondendo a 221 km² de seu território (Figura 1).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia - GO



Fonte: Autores (2023).

A região hidrográfica do Anicuns está inserida no bioma Cerrado, que apresenta como clima dominante o Tropical Quente Subúmido. Este tipo climático é caracterizado por apenas duas estações, uma seca e outra chuvosa, e devido à continentalidade o tempo pode ser muito variável (Nimer, 1989). No que se refere às características físicas é formada por rochas do Paleoproterozóico, representadas pelo Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, por rochas do Mesoproterozóico, representadas pelo Grupo Araxá – Sul de Goiás e por Depósitos Aluvionares do Quaternário (Brito, 2011).

Sua configuração de terreno possui geomorfologia contínua, com morros e baixadas, apresentando formas planas na maior parte de seu território (Ribeiro, 2017). A bacia possui majoritariamente declividades

que constituem relevo plano a suave-ondulado (Nunes, 2012) e com predomínio de solos do tipo Latossolo Vermelho (Campos *et al.*, 2003).

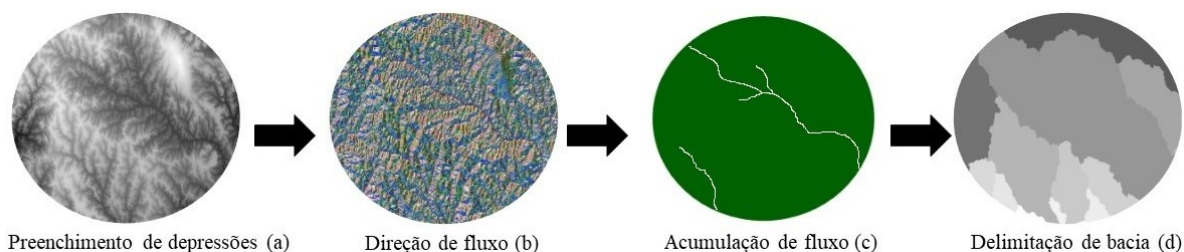
Estima-se que 70% da população de Goiânia está inserida na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns (IBGE, 2021). A maior parte da bacia é ocupada por áreas urbanas. Consequentemente, muitas de suas Áreas de Proteção Permanentes (APPs), de cursos d'água estão sem vegetação, como é o caso do Córrego Botafogo, atualmente canalizado e margeado por uma via pavimentada, ou seja, a Avenida Botafogo (Ribeiro, 2017). Entretanto, a região das nascentes ainda possui característica periurbana, predominando a atividade agropecuária, intercalada com alguns loteamentos, destinados a novos processos de urbanização.

Obtenção dos dados

Para a delimitação dos potenciais lineamentos de vegetação que configurem corredores ecológicos na paisagem foi utilizada a integração de quatro variáveis básicas: uso e cobertura da terra, declividade do terreno, rede de drenagem e malha viária. Os arquivos vetoriais da rede de drenagem e da malha viária foram obtidos do Mapa Urbano Digital de Goiânia, versão 25 (MUBDG, 2016), além dos limites de áreas especiais à conservação como: parques, bosques, APPs e APAs.

Para o mapeamento das características morfométricas da bacia foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT), proveniente do MUBDG (2016), e com 5 metros de resolução espacial. O primeiro dado derivado do MDT foi a delimitação da bacia do Ribeirão Anicuns no *software* ArcGis 10.4.1, utilizando a metodologia descrita por Dias *et al.* (2004). A mesma compreende as etapas de: (a) preenchimento de depressões; (b) direção de fluxo e; (c) fluxo acumulado. Como resultado final do processamento obteve-se o limite da bacia (Figura 2).

Figura 2 - Esquema ilustrativo das etapas utilizadas na delimitação da bacia hidrográfica



Fonte: Autores (2023).

Ainda com a utilização do MDT foi gerada a carta de declividade, a partir do fatiamento de classes, em porcentagem, com o auxílio da ferramenta *slope* do ArcGis 10.4.1.

O mapa de uso e cobertura da terra foi confeccionado a partir da imagem de satélite do programa espacial *China-Brazil Earth Resources Satellite* - CBERS 4A. A cena utilizada foi a órbita/ponto 208/134 do Banco de Dados do INPE, do mês de agosto de 2022, durante a estação seca, para reduzir a presença de nuvens no processamento. Foi utilizado o sensor WPM, seu objetivo é fornecer imagens com resolução de 2 metros (banda panorâmica) e resolução de 8 metros (bandas multiespectrais), na órbita do satélite (INPE, 2019). Na sequência, foi realizado o processamento de fusão da banda pancromática com as demais bandas multiespectrais, para a obtenção de uma imagem colorida e com resolução espacial de 2 metros.

A imagem fusionada foi segmentada e classificada no Sistema de Processamento de Informação Georeferenciada (SPRING), versão 5.5.6, do INPE. Para esse processamento foi utilizada a imagem recortada para a área de estudo e a segmentação por região com similaridade de 30 e área de *pixel* de 15. Na abordagem por crescimento de regiões, o interesse do algoritmo são os *pixels* interiores de regiões homogêneas definidas por um determinado critério de similaridade, ou seja, de proximidade radiométrica (Venturieri e Santos, 2005).

O algoritmo de classificação adotado foi o *Bhattacharya*, um classificador supervisionado que requer amostras de treinamentos, podendo usar regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos de amostras que serão classificadas (Santos; Peluzio; Saito, 2010). Por fim, foi verificada a Acurácia Global da classificação utilizando o *plug-in* do software Qgis, AcaTama (*Accuracy Assessment Of Thematic Maps*).

A Acurácia Global para uma classificação é calculada a partir da divisão da soma de amostras da classificação correta pelo total de amostras coletadas (Story e Congalton, 1986). Logo após, para o processo da edição final, foi realizada a inspeção visual e eliminação de pequenos polígonos (ruídos).

As classes mapeadas foram: (a) **área urbana** onde está inserida a estrutura urbana, incluindo loteamentos construídos, lotes vazios, áreas livres com baixo ou nenhum porte florestal e outros; (b) **uso agropecuário** em que estão incluídos os usos agropecuários como agricultura, pecuária, horticultura, silvicultura e também espaços vazios com característica de gramínea não nativa, com possíveis ocorrência de uso misto, com residências, pequenas áreas agrícolas ou de lazer e; (c) **vegetação** caracterizada por áreas com porte florestal ou arbustivo, e com padrão de espaços não utilizados para usos agropecuário. Foi adicionada também a classe água para classificar corpos d'água como rios, reservatórios e lagos.

Métricas da paisagem

Para a melhor compreensão dos remanescentes de vegetação existentes na bacia e suas possíveis conectividades foi aplicada a técnica de análise de métricas da paisagem, que possibilitou verificar o nível

de fragmentação das áreas verdes. A avaliação dos fragmentos foi baseada nos trabalhos realizados por Cunha *et al.* (2014) e de Santos, Rocha e Santos (2019), que utilizaram as métricas provenientes da ecologia da paisagem, conjuntamente com os ferramentais das geotecnologias, para avaliar e quantificar a fragmentação da vegetação em bacias hidrográficas.

Por conseguinte, foram empregadas as métricas de área e agregação: **PLAND** (porcentagem de área correspondente a classe na paisagem); **NFVeg** (números de fragmentos da vegetação) e; **AREA_MFVeg** (área média dos fragmentos da vegetação em hectares - ha) representadas na Tabela 1. Os dados foram calculados e analisados no *software* ArcGis, por meio de análise da tabela de atributo do mapa de uso e cobertura da terra, que possibilitou a mensuração destas informações.

Tabela 1- Formulas para os cálculos das métricas da paisagem

Métrica	Formula	Descrição	Resultado
Porcentagem de área correspondente a cada classe de uso e cobertura da bacia (PLAND - %)	$PLAND = pi = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$j = 1, \dots, n$ manchas; a_{ij} = área (m ²) da mancha ij ; A = área total da paisagem (ha)	Relação da área da classe em questão e a área total da bacia.
Número de fragmentos da classe vegetação (NFVeg)	$NP = n_v$	n_v é número de fragmentos da classe vegetação.	Contagem de fragmentos da classe Vegetação.
Tamanho médio dos fragmentos da classe vegetação (AREA_MFVeg -ha)	$AREA_MFVeg = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_v}$	$j = 1, \dots, n$ fragmentos; a_{ij} = área (ha) do fragmento ij ; n_v = número de fragmentos da classe vegetação	Obtido em hectare e corresponde à média dos fragmentos da classe vegetação

Fonte: Adaptado de Cunha *et al.* (2014) e Santos, Rocha e Santos. (2019).

Cabacinha e Castro (2009) verificaram que os pequenos fragmentos de vegetação, menores que 40 hectares, podem resultar em baixa diversidade quando estão completamente isolados, por outro lado, podem ter alta diversidade quando estão bem conectados e incorporados em uma matriz. Assim, neste trabalho, considerou-se os fragmentos maiores/igual ($\geq$ a 40 hectares), como as unidades núcleo apropriadas para a conexão com outros fragmentos menores.

Como complementação, também foram gerados *buffers* de 30 metros, no entorno dos fragmentos das áreas verdes mapeadas que constituem áreas de APPs de cursos d'água. O *buffer* de 30 metros foi determinado de acordo com o valor regulamentado para APPs de cursos de rios do Código Florestal Brasileiro, tendo em vista, que as APPs de rios são os elementos da paisagem que possuem os lineamentos mais contínuos de vegetação em bacias hidrográficas.

Álgebra de mapas

Para a análise multicritério (MCA) aplicou-se a Álgebra de Mapas adotando-se as metodologias propostas por Louzada, Santos e Silva (2010) e Camarinha *et al.* (2011), ambas baseadas na técnica de menor custo, ou seja, de atribuição de “peso relativo”, às variáveis. De acordo com os referidos autores, os elementos da paisagem, a serem analisados, são aqueles de maior importância para o estabelecimento de um corredor ecológico, ou seja, os elementos que envolvem parâmetros que forneçam informações sobre as potencialidades e dificuldades impostas a implantação de linhas de conectividades como: o meio físico e as atividades derivadas das ações humanas. Desta forma, quanto maior a dificuldade imposta pela variável analisada para a conectividade dos corredores ecológicos, menor foi o peso atribuído a sua classe (Tabela 2).

Tabela 2- Pesos aplicados na álgebra de mapas

Classe	Variável							
	Densidade de drenagem	Peso	Densidade da malha viária	Peso	Declividade	Peso	Uso das terras	Peso
	Baixa	1	Alta	1	Baixa (0-8)	1	Área urbana	1
	Média	2	Média	2	Média (8-20)	2	Uso agropecuário	2
	Alta	3	Baixa	3	Alta (20-75)	3	Vegetação + Água	3

Fonte: Adaptado de Louzada, Santos e Silva (2010) e Camarinha *et al.* (2011).

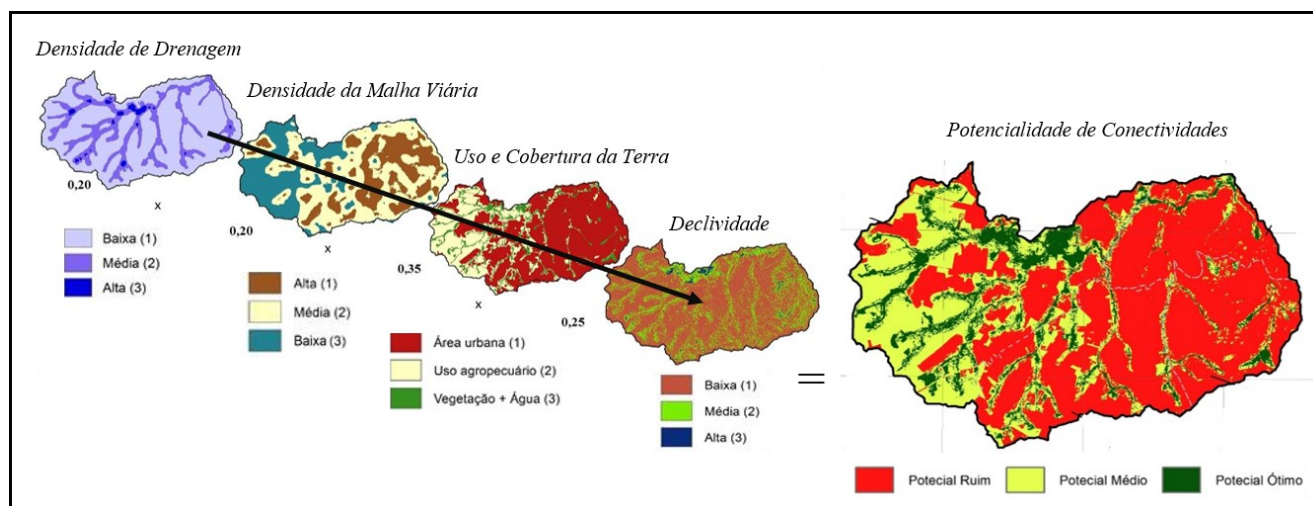
Assim, as áreas com maior quantidade de canais de drenagem corresponderam aquelas mais adequadas ao estabelecimento dos corredores ecológicos, devido a característica dessas áreas com vegetação de APPs, prevista por lei, serem as áreas mais prioritárias à conservação. As porções da bacia com áreas urbanas e maior densidade de ruas foram consideradas, como o fator mais alto, na dificuldade de estabelecimento e conexão de corredores ecológicos.

Para a declividade seguiu o princípio apresentado por Camarinha *et al.* (2011) do “quanto pior/menor, melhor”, pois as florestas não devem concorrer com outros tipos de uso da terra, que podem ser mais apropriados, pela morfologia do terreno, às atividades agrícolas ou à expansão urbana. Neste sentido, áreas planas seriam terras de alto interesse para expansão urbana e da agropecuária e áreas mais declivosas teriam a necessidade de cobertura vegetal ou da sua recuperação (Oliveira, 2016).

Após a ponderação das variáveis a Álgebra de Mapas foi realizada na “Calculadora Raster”, do ArcGis, estabelecendo percentual de pesos a cada uma das quatro variáveis analisadas (Figura 3). Conforme, Camarinha *et al.* (2011) o mapa de uso e ocupação das terras recebeu o maior peso (35%) devido às relações

entre vegetação e demais tipologias de usos. O mapa de declividade recebeu o segundo maior peso (25%), devido à relação de custo do terreno e suas possíveis ocupações e o mapa de drenagem e malha viária, ambos (20%).

Figura 3 - Pesos atribuídos às variáveis e obtenção do mapa da potencialidade de conectividade



Fonte: Autores (2023).

Além das variáveis elencadas acima que definiram os distintos graus de potencialidade das conexões, a partir destas, foi possível definir os lineamentos “favoráveis e prioritários” a implantação de corredores ecológicos. Para a determinação destes lineamentos, primeiramente foi necessária a verificação da definição destes dois termos a serem utilizados. Deste modo, como conexões prioritárias entende-se aquelas “que significam ter prioridade”, uma vez que o termo prioridade, remete a “preferência dada, relativamente ao tempo de realização de seu direito, com preterição de outros; primazia” (Ferreira, 2010, p.1710). Para as conexões favoráveis, consideramos a acepção da terminologia “que favorece, auxilia, propicia, é propício, conveniente, benigno” (Ferreira, 2010, p.924).

Áreas com fragmentos grandes, $\geq$ a 40 hectares, foi um dos critérios de destaque considerado na definição das conexões favoráveis à implementação de corredores ecológicos. A proximidade de parques, ligados ao critério anterior, também foi um ponto decisivo para o delineamento dessas conexões.

Para as conexões prioritárias, seguiu a diretriz básica apresentada por Muchailh *et al.* (2010) que prevê a manutenção da estabilidade hídrica, ou seja, aqui foi considerada uma quinta variável de análise que levou em conta os pontos críticos de risco às inundações indicados pela Defesa Civil municipal. Neste último critério, ponderou-se somente os pontos de inundações, que segundo Rego e Barros (2014) são aqueles vinculados aos córregos e rios e, portanto, associados aos fundos de vales e APPs. Já os pontos de

alagamentos estariam associados às ruas e avenidas, dificultando a configuração de lineamentos da vegetação (Rego e Barros, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultados das métricas da paisagem é possível verificar que a fragmentação da vegetação está condicionada a consolidação da malha urbana que é predominante na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns (Tabela 3). A métrica PLAND, indica que 63,34% da bacia é constituída por áreas urbanas. A classe de vegetação, apesar de sua grande importância para o equilíbrio ambiental da paisagem, na área de estudo, corresponde a somente 9,82% da bacia, equivalente a 2173,00 ha.

Tabela 3 - Métricas da paisagem

Métrica				
PLAND	Classe	Área (ha)	Área (km ²)	(%)
	Uso agropecuário	5881,53	58,82	26,56
	Área Urbana	14025,10	140,25	63,34
	Vegetação	2173,00	21,73	9,82
	Água	62,83	0,63	0,28
NFVeg	6504			
ÁREA_MFVeg (ha)	0,34			

Fonte: Autores (2023).

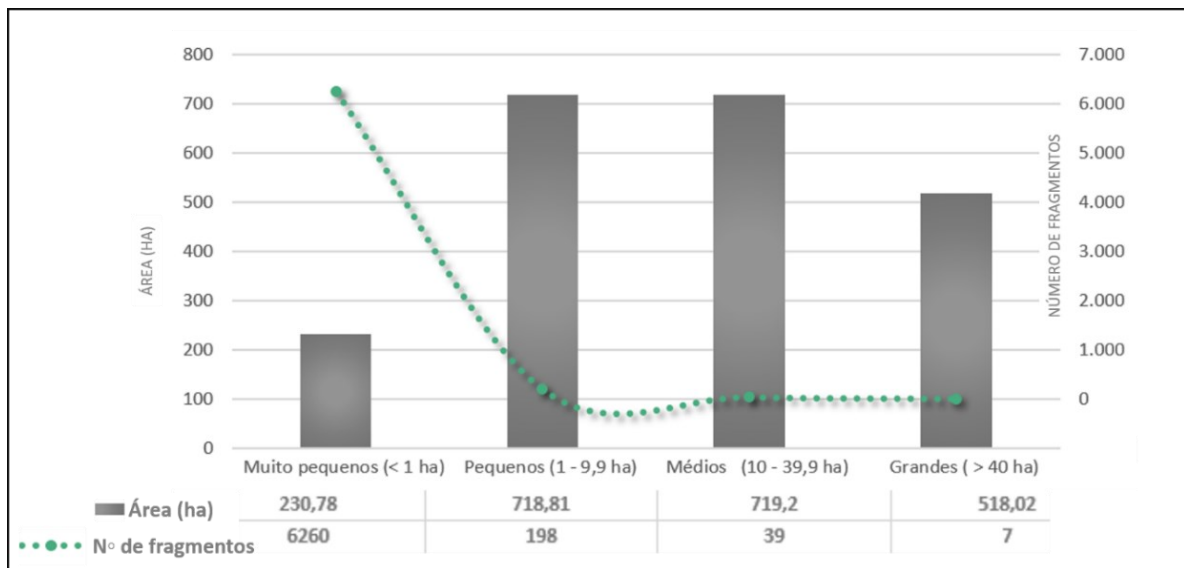
É importante esclarecer, que as métricas da paisagem são índices que quantificam características espaciais de fragmentos isolados, em uma visão de conjunto de manchas ou de todo o mosaico da paisagem (Couto, 2004). Para Lang e Blaschke (2009) as métricas relativas às áreas (*patch size area*) são “as medidas da estrutura da paisagem mais próximas e mais difundidas e, por isso, talvez as mais importantes”.

Neste trabalho a métrica NFVeg mostra que existem 6.504 polígonos/fragmentos representativos da classe vegetação na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. No entanto, a métrica ÁREA_MFVeg, que representa a área média dos fragmentos de vegetação foi de 0,34 ha, um valor muito baixo em relação a dimensão e porcentagem de área das outras classes de uso e cobertura da terra, mapeadas. Desta forma, a verificação destes dois parâmetros foi fundamental para mensurar o teor elevado da fragmentação dos polígonos da classe vegetação, por toda a bacia.

Vale salientar, que de acordo com Santos, Rocha e Santos (2019), o NFVeg e o ÁREA_MFVeg são bons indicativos da fragmentação da cobertura vegetal, uma vez que um valor baixo do tamanho médio dos fragmentos, indica a perda da diversidade biológica e da diminuição da proteção do solo.

A Figura 4 apresenta os fragmentos de vegetação, ordenados de acordo com o tamanho de sua área em: muito pequenos (< 1 ha); pequenos (de 1 a 9,9 ha); médios (de 10 a 39,9 ha) e; grandes (≥ 40). Os dados indicam o predomínio dos fragmentos na categoria muito pequenos, ou seja, menores que 1 ha, seguida pelos pequenos e médios fragmentos, e por último os grandes. Do elevado número de fragmentos muito pequenos, pode-se observar uma relação negativa entre a quantidade e a área total dos fragmentos, com exceção, dos grandes fragmentos, pelo baixo número de exemplares registrados (Figura 4).

Figura 4 - Distribuição dos fragmentos de vegetação conforme o tamanho de suas áreas e o número de fragmentos



Fonte: Autores (2023).

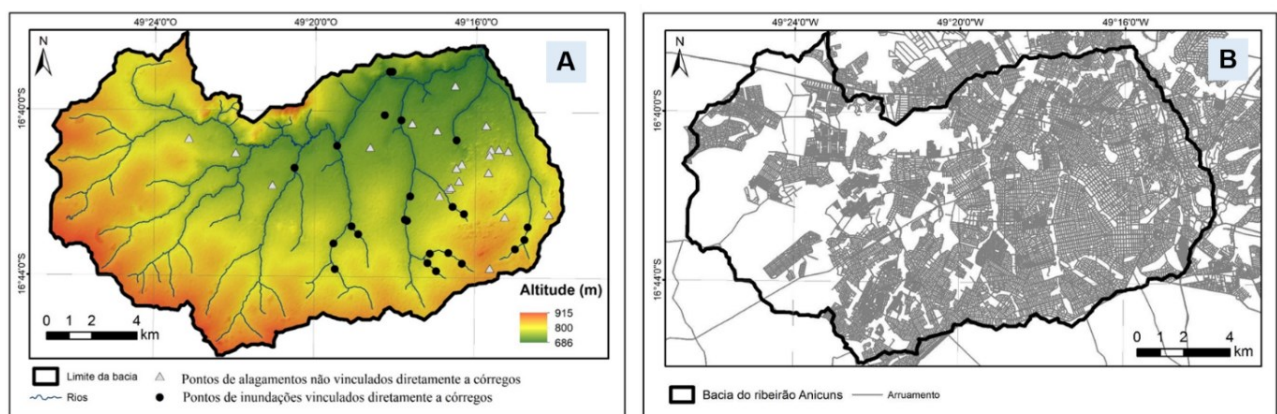
Assim, os fragmentos médios são os que apresentam a maior soma de área entre as categorias representadas, totalizando 719,20 ha. Os fragmentos muito pequenos totalizam um número de 6.260 polígonos, que somam juntos uma área de apenas 230,78 ha. Os fragmentos pequenos ocupam a segunda maior área, totalizando 718,81 ha, e os fragmentos grandes, representados principalmente por áreas como a APA do Morro do Mendanha e o Parque Jardim Botânico, representam juntos uma área de 518,02 ha. A dimensão dos fragmentos grandes, refere-se àquela adequada à manutenção da biodiversidade conforme indicação de Cabacinha e Castro (2009).

Cunha *et al.* (2014), avaliando a fragmentação da vegetação na microbacia hidrográfica da Casca, Mato Grosso, obtiveram a mesma relação. À medida que os fragmentos menores ampliavam em quantidade, a somatória da área total dos mesmos, diminuía. A relação inversa entre o número de fragmentos e a área de ocupação destes, nas diferentes classes de tamanhos, também foi constatada por Bispo, Matos e Nunes (2022), contribuindo os autores, para os resultados observados neste trabalho.

Conexões favoráveis e prioritárias à implantação de corredores ecológicos

Como já mencionado nos procedimentos metodológicos, as diretrizes para as indicações de conexões favoráveis e prioritárias à implantação de corredores ecológicos, foram as facilidades da manutenção de lineamentos contínuos entre os fragmentos de vegetação e a instabilidade hídrica da bacia. Assim, relacionados a rede de drenagem e a malha viária, a bacia hidrográfica do Anicuns apresenta 46 pontos de inundações e alagamentos identificados pela Defesa Civil, (Figura 5 - A). Deste, 24 pontos estão vinculados a proximidades de córregos, e 22 pontos, ao escoamento deficiente. A maioria destes pontos estão localizados nas regiões sul, sudeste e centro, onde são correspondentes às áreas com maior densidade da malha urbana (Figura 5 - B).

Figura 5 - Elementos da paisagem: figura (6 - A) pontos de inundações e alagamentos; figura (6 - B) malha urbana.



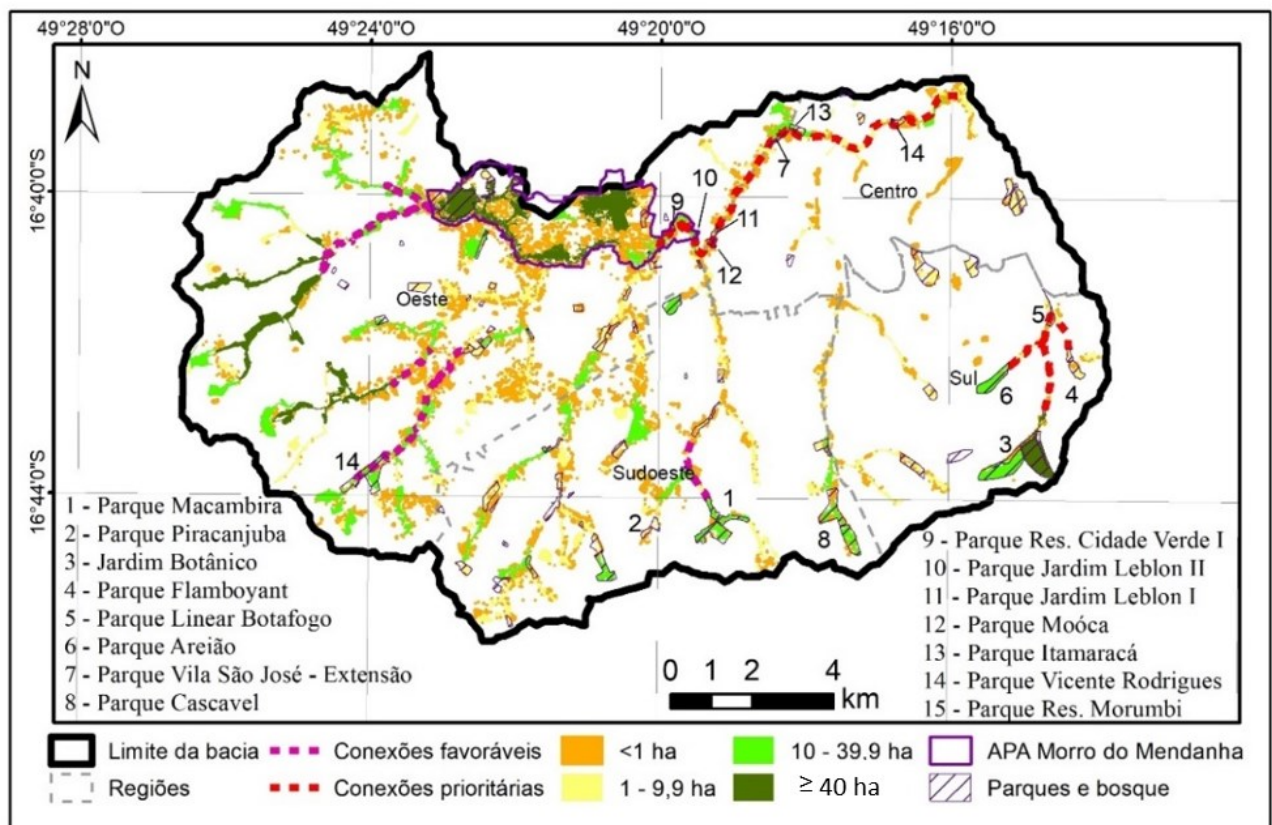
Fonte: Autores (2023).

Santos e Romão (2010) já haviam identificado esta maior ocorrência de eventos de inundações e alagamentos na porção centro-sul de Goiânia, que se apresenta amplamente urbanizada, logo, os mesmos estariam associados a impermeabilização do solo e canalização da rede de drenagem com destaque as bacias hidrográficas do Cascavel, Botafogo e Macambira, ambas sub-bacias do Ribeirão Anicuns.

Por outro lado, nas regiões de cabeceiras, onde as APPs de cursos d'água ainda estão preservadas, não foram computados pela Defesa Civil nenhum ponto de inundações ou alagamentos. Desta forma, Ackermann e Samora (2020), relatam a importância da conservação destes ambientes para proteção dos recursos hídricos e de áreas de riscos a inundações, ou seja, da drenagem urbana. Os referidos autores, descrevem uma série de propostas para resgatar e reabilitar essas áreas previstas em lei (Lei Federal 12.651/2012). Daí a importância de suas configurações em corredores ecológicos, via manejo ecológico, das águas urbanas.

Vale ressaltar ainda, que mesmo possuindo uma vegetação bastante fragmentada, os polígonos analisados sem distinção de tamanhos, representam uma distância relativamente pequena entre si, o que facilitaria a configuração de alguns corredores ecológicos. Assim sendo, foi constatada que a região do alto curso da bacia é a que apresenta características mais favoráveis à implantação de corredores ecológicos (Figura 6).

Figura 6 - Espacialização dos fragmentos da vegetação presente na bacia do Ribeirão Anicuns, com as possíveis conexões prioritárias e favoráveis para implantação de corredores ecológicos



Fonte: Autores (2023).

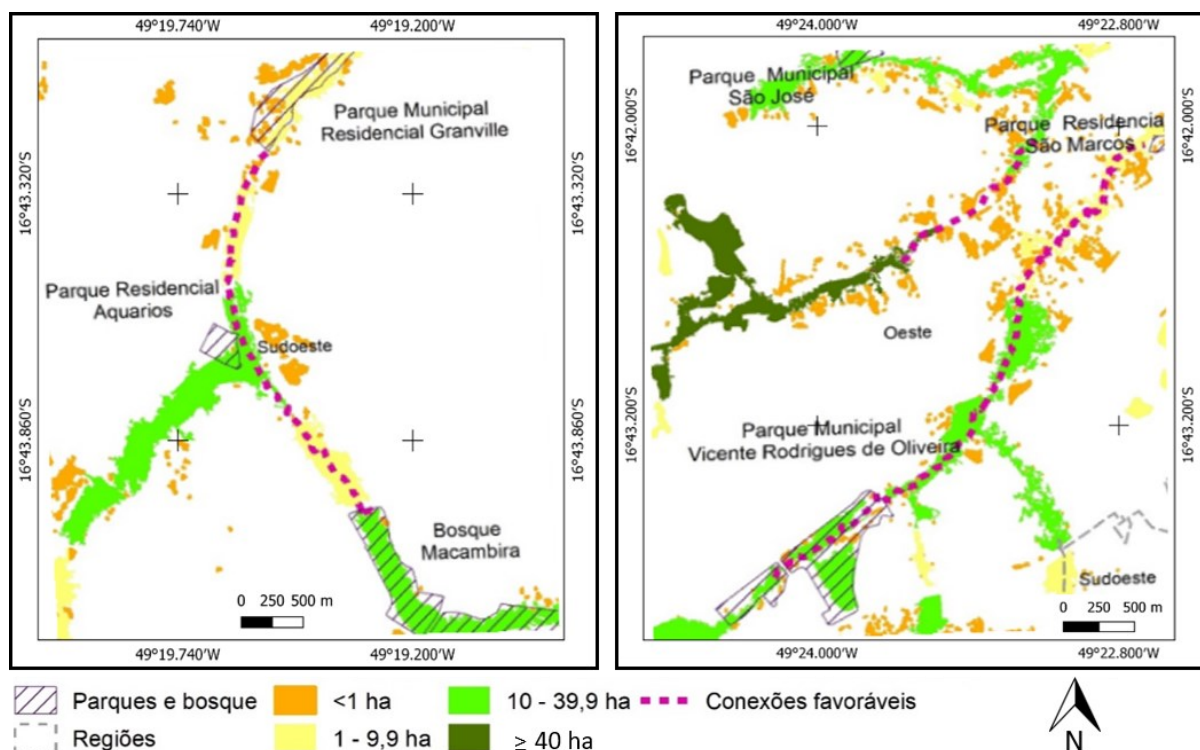
A presença da APA do Morro do Mendanha faz com que a vegetação presente na paisagem conte com um expressivo remanescente florestal, que proporciona a criação e manutenção de conexões de outros fragmentos de áreas verdes, com a mencionada área núcleo.

Da Figura 6 é possível identificar também outros recursos que abrigam a conexão de corredores ecológicos, como a existência de remanescentes da vegetação ripária conservada, em setores específicos da bacia, além da presença de parques urbanos. Entretanto, alguns fatores, como falta de vegetação em APPs e inundações relacionadas aos córregos, indicam que algumas áreas têm a necessidade de intervenção imediata, porém há fatores que dificultam esta implantação. Esses fatores são apontados por Nascimento

(2018), que relata a influência da densa infraestrutura urbana e da malha de transporte como elementos de diminuição da conectividade de áreas verdes.

Por fim, e para um melhor detalhamento dos lineamentos, na Figura 7, representadas em cor rosa, estão as conexões favoráveis. Estas configuram áreas que interligam grandes fragmentos de vegetação (≥ 40 ha), a outros fragmentos menores. Tais lineamentos são formados por mosaicos de vegetação, que podem ser conectados, entre si, sem o impedimento de barreiras dos aspectos estruturais da cidade. Neste sentido, tais indicações atendem ao planejamento adequado de bacias hidrográficas preconizado por Muchailh *et al.* (2010), que prevê, os lineamentos de corredores ecológicos “factíveis de implementação”, visando ao máximo os “benefícios ambientais” sem, contudo, “inviabilizar as propriedades privadas” e interferir nas construções urbanas já consolidadas.

Figura 7 - Espacialização de fragmentos da vegetação presente na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, com destaque às conexões favoráveis para implantação de corredores ecológicos

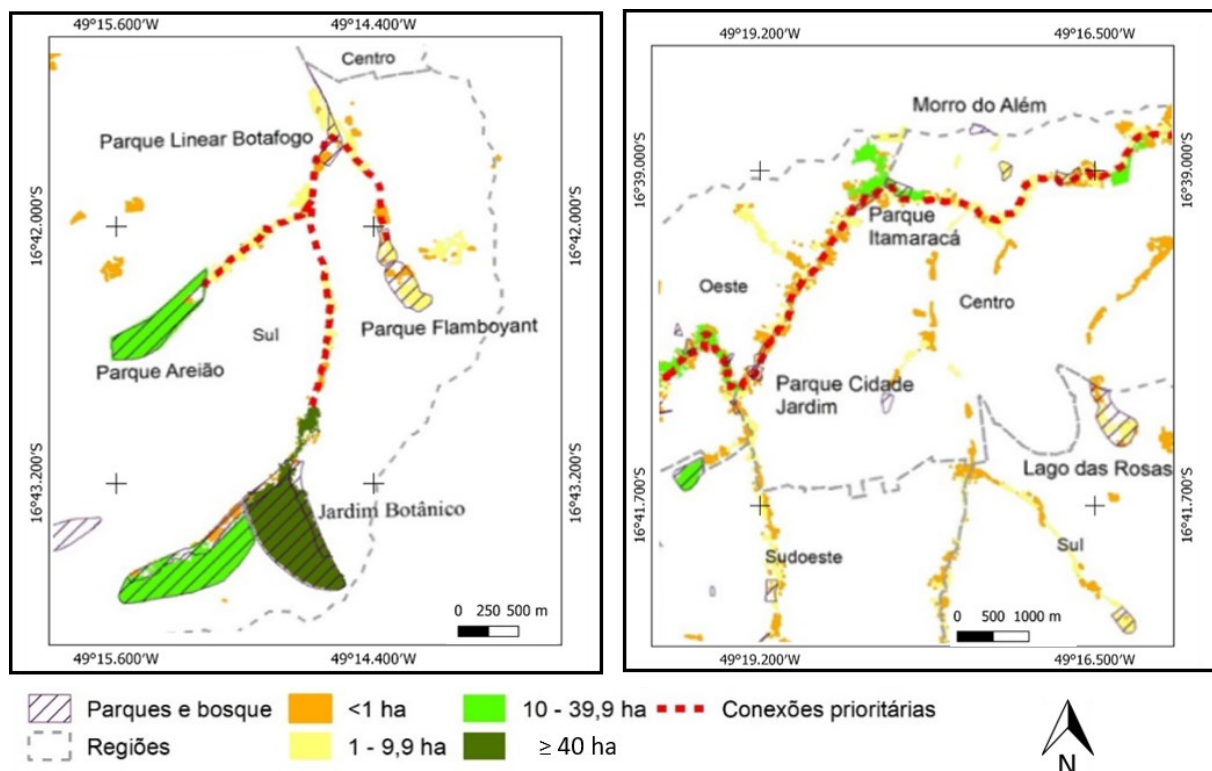


Fonte: Autores (2023).

Como áreas prioritárias à implementação de corredores ecológicos, estão os lineamentos situados na porção mais urbanizada da bacia, destacados em coloração vermelha na Figura 8. Estes, conectam as poucas áreas verdes ainda existentes em zonas consideradas de vulnerabilidade aos processos hidrológicos e, portanto, de desequilíbrios decorrentes da dinâmica de circulação das águas de superfície.

Esses lineamentos permitem evidenciar as áreas que necessitam de recuperação imediata, para a garantia da estabilidade do ambiente. Problemas como a conservação de APPs de seus rios e córregos são visíveis, bem como de pontos de inundações, especialmente na Marginal Botafogo, próxima a Avenida Independência. Souza, Nunes e Santos (2020), já haviam observado alguns conflitos entre as APPs declaradas pela Prefeitura de Goiânia no MUBDG / SEMAD, com aquelas efetivamente preservadas e fotointerpretadas pelos autores.

Figura 8 - Espacialização de fragmentos da vegetação presente na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, com destaque às conexões prioritárias para implantação de corredores ecológicos



Fonte: Autores (2023).

De acordo com Ackermann e Samora (2020), o fato de ambientes fluviais estarem inseridos na proposta de avaliação de corredores ecológicos, resulta em um aumento considerável das possibilidades de conectividades, bem como, da melhoria do equilíbrio ambiental da paisagem. Ademais, a densa estrutura urbana de Goiânia, resulta em uma grande rede de malha viária, conectadas ao núcleo central do município. Para Adler e Tanner (2015) os lineamentos viários, configurados por agrupamentos de ruas e avenidas, no espaço urbano, se distinguem de outras áreas pavimentadas pelo intenso tráfego de veículos. Tais localidades tendem a sustentar pouca ou nenhuma atividade biológica que de acordo com os referidos autores podem reduzir a qualidade do ambiente via ruídos e outros tipos de poluição.

Ainda segundo Adler e Tanner (2015) “os animais podem inclusive perecer na tentativa de atravessar ruas, logo elas atuam como barreiras a dispersão”. Neste sentido Almeida (2021) destaca a importância da implantação de passagens artificiais e pontes para manutenção da movimentação da fauna, com o intuito de diminuição da taxa de mortalidade de animais por atropelamento e para evitar o isolamento e declínios de espécies.

Neste viés, o Código Florestal Brasileiro traz em seu texto o incentivo à conexão de reservas legais, APPs, UCs e outras áreas protegidas para a formação de corredores ecológicos. Como exemplo a ser seguido, podemos citar o Parque Linear Macambira Anicuns, situado em Goiânia. Para Medeiros (2016), os projetos de parques lineares, apesar das limitações por parte das áreas altamente urbanizadas e dos elevados custos econômicos, resultam em benefícios ecológicos e sociais que compensam o alto valor investido.

Para Hüse *et al.* (2016) é fundamental aumentar as áreas verdes para diminuir os efeitos negativos das condições urbanas extremas, tanto sobre os meios de vida diária dos cidadãos, como dos fragmentos de habitats da fauna e flora urbana. Deste modo, quanto menor a quantidade de fragmentos e maior a interligação de áreas verdes, mais altas são as possibilidades de manutenção de condições ambientais como qualidade do ar, temperatura, melhoria da diversidade biológica e da regulação dos recursos hídricos, como no caso, as de controle de inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado neste trabalho é possível afirmar que a metodologia aplicada é robusta e pode ser replicada em outras bacias hidrográficas urbanas. No caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, esta apresenta uma vegetação altamente fragmentada. Além disso:

- Foram mapeados 6.504 fragmentos, destes 6.260 (96,25% do total) têm o tamanho menor que 1 hectare, portanto, são fragmentos muito pequenos;
- Entretanto, a bacia apresenta 7 grandes fragmentos de vegetação $\geq$ a 40 hectares, polígonos estes, que representam áreas relevantes para implantação de conexões com outros fragmentos menores, que podem configurar futuros corredores ecológicos;
- A presença dos grandes fragmentos de vegetação é favorecida por áreas de proteção ambiental e de parques urbanos.

Os remanescentes maiores, representam polígonos que podem ser utilizados como áreas núcleos para implantação de corredores ecológicos e regeneração da vegetação, em especial, dos polígonos menores que 1 hectare.

A métrica PLAND auxiliou no entendimento da quantificação das classes de uso e cobertura da terra, identificando as características da área estudada. O NFVeg e AREA_MFVeg mostraram-se como importantes parâmetros para entender o grau de fragmentação da vegetação, assim como as áreas desses fragmentos. Apesar destas áreas estarem presentes, em sua maioria, nas APPs de cursos d'água, APAs, Áreas de Reservas Legais e nos parques urbanos, a realidade da bacia remete a uma vegetação altamente fragmentada e com fragmentos, na maioria, muito pequenos. Mesmo assim, são visíveis as distintas possibilidades de conexões demarcadas, com os poucos remanescentes mapeados.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, M.; SAMORA, P. R. Área de preservação permanente urbana e o manejo das águas: inovações, resiliência e adaptação aos eventos hidrológicos extremos. **Labor & Eng**, Campinas, v. 14, p. 1-10, 2020.
- ADLER, F. R; TANNER, C. J. **Ecosystemas Urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. São Paulo: Oficina de Texto, 2015, 377p.
- ALMEIDA, V. C. **Análise do potencial de conectividade dos espaços verdes do município de Bragança por meio de corredores ecológicos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Florestais), Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2021, 50 f.
- BISPO, A. L. S. da.; MATOS, M. R. B.; NUNES, J. E. de. Análise da fragmentação florestal da bacia hidrográfica do rio Catu, estado da Bahia-Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, Teresina, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2022.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Proteção da Vegetação Nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 16 jul. 2022.
- BRITO, G. S. **Alterações ambientais decorrentes da presença de depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, GO**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011, 140 f.
- CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n.1, p. 2157-2165, 2009.
- CABRAL, L. N.; CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 11, p. 1-13, 2019.

- CAMARINHA, P. I. M.; FERREIRA, C. C.; FERREIRA, M. C.; SOARES, P. V.; SIMÕES, S. J.; TRANNIN, I. C. B. Proposta metodológica para a definição de corredor ecológico com base em modelagem cartográfica: a bacia do rio Paraíba do Sul, porção paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV. Curitiba, 2021, **Anais...** Curitiba: INPE, 2021, p. 1989-1996.
- CAMPOS, J. E. G.; RODRIGUES, A. P.; ALMEIDA, L.; MAGALHÃES, L. F.; MARANHÃO SÁ, M. A. **Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia**. AGIM/GO. Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria da Indústria e Comércio, Goiânia-GO, 2003. 125p.
- COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em fragstats. **Investigação Operacional**, v.24, n.1, p.109-137, 2004.
- COVILLE, R.; ENDRENY, T.; NOWAK, D. J. Modeling the impact of urban trees on hydrology. In: LEVIA, D.; CARLYLE-MOSES, D.; IIDA, S.; MICHALZIK, B.; NANKO, K.; TISCHER, A. **Forest-Water Interactions**. Switzerland: Springer, 2020, cap. 19, p. 459-487.
- CUNHA, M. I. A.; MASSOL, E. V.; ALBERNAZ, N. S.; SANTOS, V. S. Métricas da paisagem e geotecnologias na avaliação da fragmentação da vegetação na microbacia da Casca, no estado de Mato Grosso. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, Campo Grande, 2014, **Anais...** Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014, p. 610-621.
- DE KIMPE, C. R.; MOREL, J. L. Urban soil management: a growing concern. **Soil Science**, v. 165, n. 1, p. 31-40, 2000.
- DIAS, L. S. O.; ROCHA, G. A.; BARROS, E. U. A.; MAIA, P. H. P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 4, n. 2, p. 265-271, 2004.
- DUPRAS, J.; MARULL, J.; PARCERISAS, L.; COLL, F.; GONZALEZ, A.; GIRARD, M.; TELLO, E. The impacts of urban sprawling on ecological patterns and processes in the Montreal Metropolitan Region (Quebec, Canada) between 1966 and 2010. **Environmental Science & Policy**, v. 58, p. 61-73, 2016.
- FANG, C.; ZHOU, C.; GU, C.; CHEN, L.; LI, S. A proposal for the theoretical analysis of the interactive coupled effects between urbanization and the eco-environment in mega-urban agglomerations. **J. Geogr. Sci**, v. 27, n. 12, p. 1431-1449, 2017.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio de Língua Portuguesa**. Curitiba: Editora Positivo, 2010, 2222p.
- FERRETTI, V.; POMARICO, S. An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations. **Environ Dev Sustain**, v.15, n.1, p. 859-885, 2013.
- GROSTEIN, M. D. Metrópoles e expansão urbana a persistência de processos “insustentáveis”. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 15, n.1, p. 13-19, 2001.
- HONG, W.; GUO, R.; SU, M.; TANG, H.; CHEN, L.; HU, W. Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: a case study of Shenzhen, China. **Land Use Policy**, v. 62, p. 316-325, 2017.

HÜSE, B.; SZABÓ, S.; DEÁK, B.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). **Land Use Policy**, v. 57, p. 574-581, 2016.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Câmeras Imageadoras CBERS 04A**. dez., 2019. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 25 fev. 2022.

KABISCH, N.; QURESHI, S.; HAASE, D. Human environment interactions in urban green spaces: a systematic review of contemporary issues and prospects for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, p. 25-34, 2015.

KINNEY, P. L. Interactions of climate change, air pollution, and human health. **Current Environmental Health Reports**, v. 5, n. 1, p. 179-186, 2018.

KONDO, M. C.; FLUERH, J. M.; MCKEON, T.; BRANAS, C. C. Urban green space and its impact on human health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, p. 445, 2018.

KUMAR, S.; DHAR, H.; NAIR, V. V.; RENA, R. Environmental quality monitoring and impact assessment of solid waste dumpsites in high altitude sub-tropical regions. **Journal of Environmental Management**, v. 252, p. 109-681, 2019.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 424p. LIU, Y.; YAO, C.; WANG, G.; BAO, S. An integrated sustainable development approach to modeling the eco-environmental effects from urbanization. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 1, p.1599-1608, 2011.

LOCH, C.; REBOLLAR, P. B. M.; ROSENFELDT, Y. A. Z.; RAITZ, C. S.; MIRTZ, O. O. Definição de áreas para formação de corredores ecológicos através da integração de dados em um sistema de informação geográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 65, n. 3, p. 455-465, 2013.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G. **Delimitação de Corredores Ecológicos no ArcGIS 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010. 50p.

MARULLI, J.; MALLARACH, J. M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona metropolitan area. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, n. 2, p. 243-262, 2015.

MCGRANE, S. J. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 13, p. 2295-2311, 2016.

MEDEIROS, J. M. M. **Parques lineares ao longo de corpos hídricos urbanos: conflitos e possibilidades; o caso da orla do lago Paranoá – DF**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016, 368f.

MILLER, J. D.; HUTCHINS, M. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: a review of the evidence concerning the United Kingdom. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 12, n. 1, p. 345-362, 2017.

MUBDG. **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia**. Companhia de Processamento de dados da Prefeitura Municipal de Goiânia. Versão 25, v. 23, arquivo digital.

MUCHAILH, M. C.; RODERJAN, C. V.; CAMPOS, J. B.; MACHADO, A. L. T.; CURCIO, G. R. Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p.147-162. 2010.

NASCIMENTO, M. R. **Conectividade das áreas verdes na cidade de Lisboa para a fauna**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2018, 82f.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.

NUNES, F. G. Modelagem hidrológica e técnicas de geoprocessamento na estimativa da impermeabilização do solo e escoamento superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns - Goiânia (GO). **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 6, n. 2, p. 55-74, 2012.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. C.; SIMONETTI, V. C.; STROKA, E. A. B.; SABONARO, D. Z. Proposição de corredor ecológico entre duas unidades de conservação na região metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 32, p. 61-71, 2016.

PENG, J.; ZHAO, H.; LIU, Y. Urban ecological corridors constructions: a review. **Acta Ecologica Sinica**, v. 37, n. 1, p. 23-30, 2017.

REGO, T. L.; BARROS, J. R. Alagamentos e inundações em Goiânia: uma análise a partir da imprensa local e dos registros da defesa civil. **Revista Formação (online)**, São Paulo, v. 1, n. 21, p. 170-185, 2014.

RIBEIRO, T. G. **Indicadores geoquímicos na avaliação da qualidade da ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, Goiás**. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2017, 160 f.

SANTOS, R. A.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo - aplicações práticas**. Alegre: CAUFES, 2010, 153p.

SANTOS, K. R.; ROMÃO, P. A. Espacialização de inundações em Goiânia (GO), 2004-2007. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 81-97. 2010.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P.; SANTOS, J. S. Dinâmica da paisagem e seus impactos ambientais na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, p. 1794-1815, 2019.

SOUZA, J. R. B.; NUNES, F. G.; SANTOS, A. M. Análise da configuração espacial das áreas verdes urbanas e dos corredores ecológicos no município de Goiânia - GO. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXXI, n. 1, p. 168-187, 2020.

STORY, M.; CONGALTON, R. G. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, n. 3, p. 397-399, 1986.

TAKAHASHI, R. S.; CICERELLI, R. E.; ALMEIDA, T.; SANO, E. E.; CONTRERAS, F.; RAMOS, A. P. M. Implementação de corredores ecológicos no Distrito Federal e entorno baseado em critérios ponderados. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2021.

TENG, M.; ZHOU, Z.; WANG, P.; XIAO, W.; WU, C.; LORD, E. Geotechnology based modeling to optimize conservation of forest network in urban area. **Environmental Management**, v. 57, p. 601-619, 2016.

UNFPA. **United Nations Population Fund. State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth**. New York: UNFPA, 2007, 108p.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. **Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal**. 2005. Disponível em:
<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.11.17/doc/INPE-6977.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.