

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CALDAS – GO: UMA APLICAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS

Ana Caroline Rodrigues Cassiano de Sousa
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil
caroline_r_c@discente.ufg.br

Karla Maria Silva de Faria
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil
karla_faria@ufg.br

RESUMO

O planejamento da conservação ambiental, pela ótica da Geoecologia das Paisagens, integra aspectos ambientais, socioeconômicos e de planejamento, o que contribui para seleção de áreas para possíveis intervenções e conservação. Diante do cenário de ocupação territorial que busca atender demandas urbanas e rurais, acompanha-se, em algum nível, a desconsideração das demandas ambientais. Portanto, o objetivo desse trabalho é apresentar uma proposta metodológica com abordagem geoecológica para seleção de Áreas Prioritárias para Conservação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas, no estado de Goiás. O método considerou quatro critérios obrigatórios para seleção das áreas: I. área localizada em unidade geoecológica homogênea representativa e com vegetação nativa em 2023; II. área maior que 100 ha; III. remanescente vegetacional desde 1988 até 2023; e IV. feições limítrofes com alta ou média vulnerabilidade erosiva. Como resultado, foram propostas 11 áreas prioritárias, com 100 a 1.260 ha, que abrangem de um a quatro municípios goianos e, em maioria, possuem relevo movimentado. Os resultados apresentam a localização e o estado ambiental dos maiores, mais íntegros, estáveis e representativos fragmentos da bacia estudada e que pelas características geoambientais necessitam de instrumentos para sua conservação, tal como a criação das primeiras Unidades de Conservação de domínio público dessa bacia.

Palavras-chave: Abordagem geoecológica. Áreas protegidas. Planejamento das paisagens. Uso e cobertura da terra. Gestão pública ambiental.

PRIORITY AREAS FOR CONSERVATION OF THE CALDAS RIVER BASIN, STATE OF GOIÁS: A THEORETICAL-METHODOLOGICAL APPLICATION OF LANDSCAPE GEOECOLOGY

ABSTRACT

The planning of environmental conservation, from the perspective of Landscape Geoecology, integrates environmental, socioeconomic, and planning aspects, which contributes to the selection of areas for potential interventions and conservation. Given the scenario of territorial occupation that seeks to meet urban and rural demands, environmental demands are disregarded to some extent. Therefore, this study aimed to present a methodology, with a geoecological approach, for selecting Priority Areas for Environmental Conservation in the Caldas River basin, state of Goiás. The methodology considered four mandatory criteria for the selection of areas: I. area located in a representative and homogeneous geoecological unit with native vegetation in 2023; II. area larger than 100 ha; III. remnant vegetation from 1988 to 2023; and IV. boundary features with high or medium erosion vulnerability. As a result, 11 priority areas were proposed, ranging from 100 to 1,260 ha, covering one to four municipalities in Goiás, mostly featuring rugged terrain. The results identified the location and environmental status of the largest, most intact, stable, and representative fragments of the studied basin, which, due to their geoenvironmental characteristics, require instruments for their conservation, such as the creation of the first Public Domain Conservation Units in this basin.

Keywords: Geoecological approach. Protected areas. Landscape planning. Land use and cover. Environmental public management.

INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental das paisagens requer conhecimento aprofundado e abrangente das dinâmicas ambientais que as circundam, o que inclui o diagnóstico ambiental destas áreas e sua análise sistêmica realizada sob critérios e propósitos bem delimitados. Tradicionalmente, o planejamento da proteção das paisagens de significativa relevância ambiental é embasado pelos princípios da ciência da ecologia, usualmente com um enfoque maior na conservação da biodiversidade e na gestão dos recursos naturais (Metzger, 2001).

De forma mais abrangente, a Geoecologia das Paisagens é uma base teórica e metodológica alicerçada na análise sistêmica que visa a integração das ferramentas de várias disciplinas para o estudo da realidade de modo holístico (Rodríguez; Silva, 2013). A abordagem geoecológica considera no planejamento das paisagens diversos aspectos ambientais, tais como a geologia, geomorfologia, pedologia, clima, hidrologia, fitogeografia e aspectos sociais e econômicos, de modo que contempla respostas a conflitos como a exploração inadequada dos recursos naturais e a falta de priorização na conservação da diversidade geológica (Teixeira; Silva; Farias, 2017).

A relevância da preservação da biodiversidade é respaldada pela Convenção sobre a Diversidade Biológica, ratificada no Brasil pelo decreto nº 2.519 de 1998 (Brasil, 1998), que ressalta como requisitos essenciais para o planejamento da conservação *in situ* dos ecossistemas e o disciplinamento das atividades humanas que possam resultar em impactos negativos. A preservação é ratificada pelo vasto arcabouço das legislações ambientais, tanto federais como estaduais.

Na realidade brasileira e, mais especificamente, do estado de Goiás, as áreas de especial relevância cobertas por vegetação nativa são amparadas por um conjunto de leis como o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, lei federal nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000); o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC, lei estadual nº 14.247/2002 (Goiás, 2002); o Código Florestal – lei federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012); e a Lei Estadual de Proteção à Vegetação Nativa – Código Florestal de Goiás, lei estadual nº 18.104/2013 (Goiás, 2013); além de aparatos legais municipais, que podem variar a depender das particularidades de planejamento das cidades.

Desse arcabouço legal ambiental, o SNUC e o SEUC têm objetivos amplos e sistêmicos, como a contribuição para a preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais; a proteção das características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; e a proteção e recuperação de recursos hídricos e edáficos, além da fomentação à criação de novas Unidades de Conservação (UCs) (Brasil, 2000).

Nesse contexto, a sobreposição de informações geográficas e ecológicas proporciona a delimitação de feições com características ambientais similares em determinado espaço geográfico, denominadas unidades de paisagem, que desempenham importante papel ao possibilitar a identificação das áreas cuja preservação ambiental é mais urgente (Scipioni; Mezzomo; Corneli, 2016).

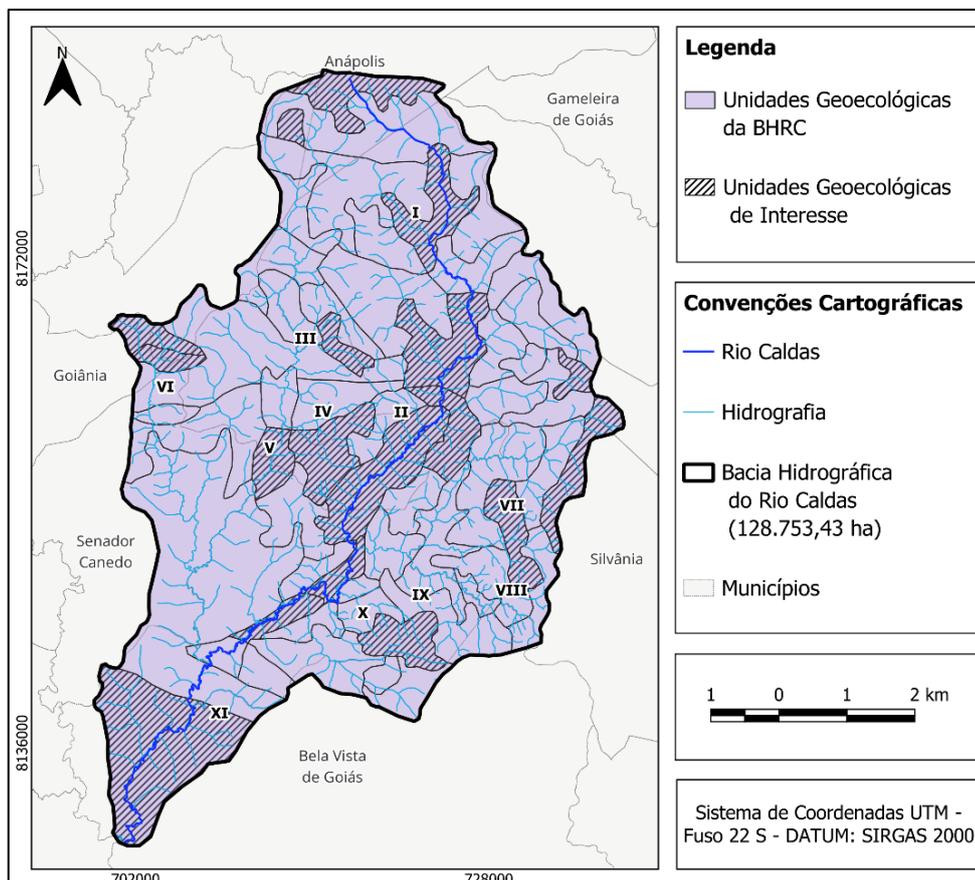
Em consonância com os múltiplos propósitos supramencionados, a preservação de áreas cobertas por vegetação nativa emerge como uma medida viável que satisfaz às funções ambientais e aos serviços ecossistêmicos de manutenção da biodiversidade, abastecimento hídrico e controle da erosão, de assoreamentos e da qualidade da água (Libânio, 2010; Mendonça; Marques, 2011; Hackbart, 2016; Stevaux; Latrubesse, 2017). Tais funções estão alinhadas aos métodos de análise ambiental sistêmica da linha de pesquisa da Geoecologia das Paisagens.

Aplicado ao Cerrado goiano e, mais especificamente às proximidades da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), o vasto diagnóstico e caracterização ambiental realizado por pesquisadores como Sousa, Oliveira e Machado (2019), Santos *et. al* (2019), Sousa e Faria (2021), Sousa e Faria (2022) explicita alguns impactos ambientais proeminentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas (BHRC). Os autores ressaltam para essa bacia um histórico significativo de conversão das áreas naturais em terras agrícolas e de pastagens; alta fragmentação da vegetação nativa; vulnerabilidade erosiva em algumas regiões, especialmente em relevo movimentado; previsão de implementação de reservatório para abastecimento público da RMG; e a ausência de Unidades de Conservação de posse e domínio público criadas sob os preceitos do SNUC ou SEUC, fatores que justificam a realização deste trabalho.

Sousa e Faria (2022) mapearam na BHRC 34 Unidades Geoecológicas (UGs) com características ambientais de relevo, geologia, pedologia e clima aproximadamente homogêneas, que implicam em comportamentos semelhantes quanto à fragmentação, às erosões e à infiltração hídrica (Figura 1). As autoras selecionaram 14 UGs de interesse consideradas mais significativas por apresentarem algumas características de planejamento ambiental que se destacaram em relação às demais, tais como a

presença das nascentes e da foz do rio Caldas (UGs 1c e 25b); a área possível para implementação de um reservatório de abastecimento público (25b); a proximidade de áreas urbanas altamente adensadas (1c e 6); captação de água para um Polo Industrial (8b); proximidade de grandes Unidades de Conservação (UCs) estaduais (7 e 17); as áreas com relevo movimentado (27, 29 e 33); a vulnerabilidade dos solos à erosão (19, 20, 22 e 33) e a maior infiltração (1a).

Figura 1 - Unidades Geocológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Caldas (BHRC)



Fonte: Sousa, 2021. Elaboração: Os autores, 2024.

Diante de todas as características ambientais e de planejamento supracitadas, entende-se como relevante para o planejamento das paisagens dessa bacia a seleção de áreas cuja proteção ambiental é mais urgente. Portanto, este trabalho tem como objetivo a aplicação de uma metodologia para seleção de Áreas Prioritárias para Conservação Ambiental (APCAs) na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas (BHRC), sustentada na abordagem teórica e metodológica da Geocologia das Paisagens.

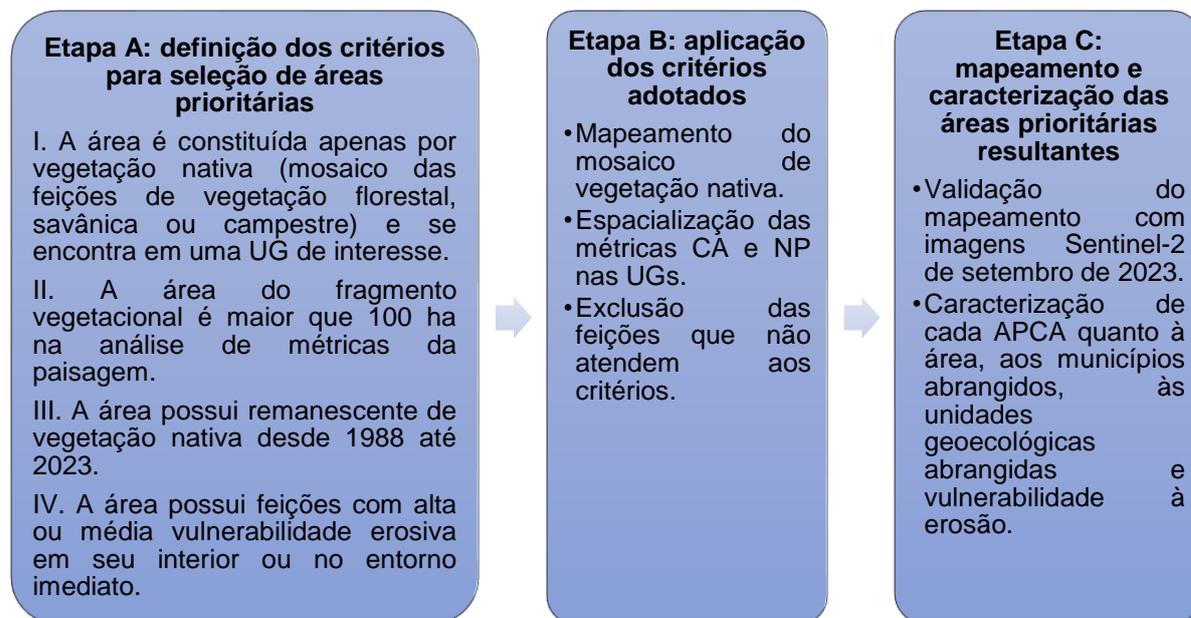
Eventualmente, espera-se que as APCAs propostas possam ser assimiladas por órgãos gestores e pela coletividade como áreas de especial atenção à proteção, seja mediante a criação das primeiras Unidades de Conservação de posse e domínio público da BHRC ou mediante a aplicação prática de outros instrumentos que enfatizem a preservação desta importante bacia hidrográfica, o que implicaria a realização da última etapa do planejamento geocológico das paisagens na BHRC, à qual Rodriguez e Silva (2013) definem como Fase de Execução das ações propostas pelo estudo sistêmico realizado.

METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho é a Bacia Hidrográfica do Rio Caldas (BHRC), uma das principais sub-bacias do Rio Meia Ponte, em Goiás. Com 128.753,43 hectares, faz limite com a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite e abrange parte de 11 municípios goianos, incluindo parte da capital e da RMG.

A metodologia aplicada parte de uma versão adaptada do Planejamento Sistemático da Conservação, apresentado por Margules e Pressey (2000), cujas fases foram ajustadas para incorporar uma abordagem geoecológica, processo que foi dividido em três etapas: A) definição dos critérios para seleção das APCAs; B) aplicação dos critérios adotados; e C) mapeamento e caracterização das APCAs resultantes (Figura 2).

Figura 2 - Etapas da Seleção de Áreas Prioritárias para Conservação sob perspectiva geoecológica



Fonte: Os autores, 2024.

Na primeira etapa (Etapa A) foram definidos os objetivos de conservação desejados e, com base nestes, foram adotados quatro critérios cumulativos para a seleção da área como prioritária, sendo: I. área com vegetação nativa em 2023, de qualquer formação, que se encontre no interior de uma UG representativa; II. área do fragmento maior que 100 ha quando da análise das métricas do mosaico de vegetação; III. área remanescente desde 1988 até 2023; IV. área com pelo menos uma feição de alta ou média vulnerabilidade erosiva no seu interior ou no entorno imediato.

Para a execução desses critérios (Etapa B), foram utilizados como dados de entrada os mapas de cobertura e uso da terra do Projeto MapBiomias Coleção 4.0, para os anos de 1988 e de 2018, com vistas à avaliação de 30 anos de mudanças na BHRC, e a delimitação das UGs elaboradas por Sousa e Faria (2022). Após a aplicação dos quatro critérios, foi realizada uma validação com imagens Sentinel-2 MSI (ponto e órbita T22KGG) para confirmar a presença de vegetação nativa em 2023.

Em seguida, foram geradas, por meio de tabela de atributos no software livre QGIS, versão 3.32.2 (QGIS, 2023), as métricas da paisagem CA (área de cada feição nativa, em hectares) e NP (quantitativo de feições nativas), as quais foram espacializadas em um mapa de CA x NP. A partir das métricas mensuradas, foram adotados para fins de conservação apenas os fragmentos nativos com área maior ou igual a 100 ha. A última fase da Etapa B foi a sobreposição das áreas restantes dos critérios anteriores com o mapa de vulnerabilidade à erosão, elaborado por Sousa (2021).

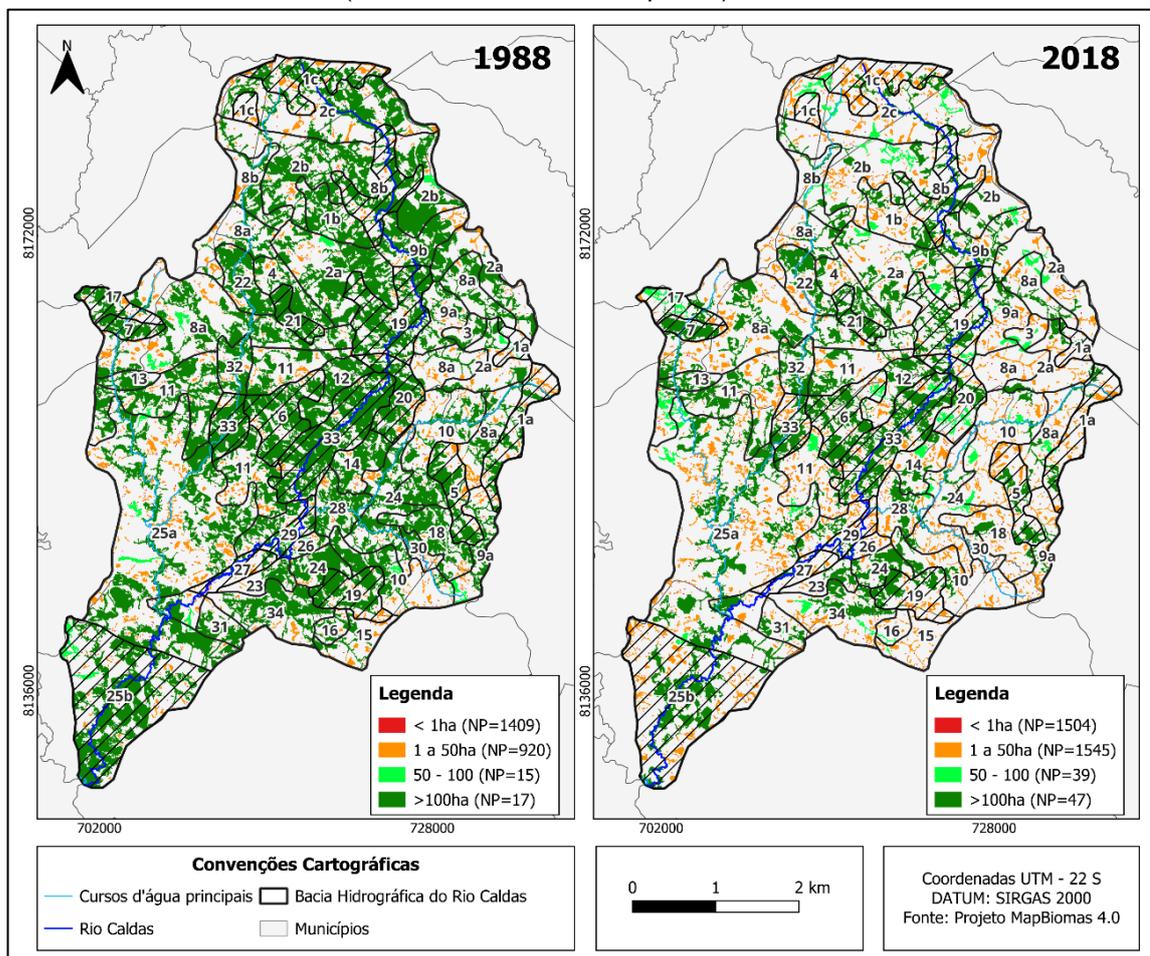
As feições que se enquadraram nos critérios supramencionados foram propostas como APCAs da BHRC e, de posse das APCAs selecionadas procedeu-se com seu mapeamento e caracterização, considerando a área total da APCA, os municípios abrangidos pela APCA, UGs abrangidas e graus de vulnerabilidade à erosão. Além disso, foi elaborado mapa com a imagem Sentinel-2 MSI (T22KGG), datada de 09 de setembro de 2023, contendo o detalhamento de cada APCA. Por fim, foram gerados mapas de detalhamento das APCAs propostas para a BHRC, apresentando características de cobertura da terra de cada uma dessas áreas prioritárias e de seus respectivos entornos e indicando a área total de cada APCA.

APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA PROPOSIÇÃO DE APCAS PARA A BHRC

Como resultado da Etapa A, foi definido que a seleção das APCAs teria como finalidades: a conectividade estrutural dos fragmentos de vegetação nativa (aplicada pela seleção das áreas menos fragmentadas da paisagem); a manutenção de vegetação nativa com dimensões que atendam as espécies de fauna e flora mais restritivas, posto que os grandes fragmentos são mais efetivos para a perpetuação das populações de espécies “guarda-chuva” e para a proteção das áreas *core* (Ribeiro *et al.*, 2009); a estabilidade dos solos, visto que os solos naturalmente menos desenvolvidos como os cambissolos necessitam de medidas de precaução pela maior vulnerabilidade a processos erosivos (Crepani, 2001); e a segurança hídrica, considerando que as APPs têm como uma de suas funções ambientais a preservação dos recursos hídricos (Brasil, 2012).

Diante disso, a execução dos critérios da Etapa B resultou inicialmente no mapeamento do mosaico de vegetação nativa e na espacialização das métricas CA e NP para 1988 e 2018 (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de espacialização das métricas da paisagem: CA x NP de vegetação nativa de Cerrado (florestal, savânica e campestre) na BHRC



Fonte: Projeto MapBiomias 4.0, 2018. Elaboração: Os autores, 2024.

Pelo mapeamento das métricas CA x NP, foi atestada inicialmente a aplicabilidade da metodologia proposta pela verificação da existência de feições de vegetação nativa em todas as UGs de interesse, e de fragmentos maiores que 100 ha na maioria delas, além de constarem muitos remanescentes de diversos tamanhos desde 1988.

A princípio, observa-se que houve aumento de NP para todas as classes de CA. Em 2018 houve a fragmentação de um grande remanescente maior que 100 ha que incrementou no quantitativo de NP das feições de 1 a 50 ha (aumento de 40%) e de 50 a 100 ha (aumento de 62%). O quantitativo de

feições menores que 1 ha foi o que apresentou menor variação, o que pode ter relação com o desmatamento de pequenos capões de vegetação nativa, que passariam a não ser mais considerados no cálculo de NP.

De forma positiva na BHRC, 47 feições maiores que 100 ha se mantiveram intactas no período de 30 anos analisado, as quais foram compreendidas para fins deste estudo como remanescentes de vegetação nativa de Cerrado. Em alguns pontos do recorte espacial, notou-se o aumento de área nativa, possivelmente em decorrência da aplicação da Lei Federal de Proteção à Vegetação Nativa (Código Florestal de 2012) ou de outras ações conservacionistas.

Em relação às Unidades Geoecológicas, nota-se que a UG 1c (relevo suave em altas altitudes em Coberturas Detrito-Lateríticas Ferruginosas e Latossolo), que abrange as nascentes do rio Caldas, não apresenta áreas remanescentes maiores que 100 ha, exceto a feição linear mantida nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) às margens do principal rio da bacia e de alguns afluentes.

Já na UG 25b (relevo suave em baixas altitudes em Grupo Araxá e Latossolo), ao sul da bacia, a vegetação mais próxima à foz do rio principal foi retirada ao longo dos anos, exceto por algumas feições lineares que se integram à vegetação a montante e pequenas feições próximas. Cabe citar que é esta a UG prevista para implantação do futuro reservatório de abastecimento público da capital goiana e região metropolitana.

De outro lado, houve a preservação quase integral e até a recomposição de algumas manchas no remanescente de Cerrado localizado na UG 7 (relevo movimentado em altas altitudes em Suíte Jurubatuba e Argissolo); porém, na UG 17 (relevo suave em médias altitudes em Suíte Jurubatuba e Argissolo), adjacente à 7, a vegetação sofreu redução de CA, ainda que na validação com a imagem de 2023 foi observado que há uma APP que ainda interliga a feição da UG 7 à 17.

Destacam-se, ainda no mapa das métricas CA e NP, que os grandes remanescentes de vegetação de Cerrado foram preservados nas proximidades do rio Caldas, o que reforça a efetividade das legislações protecionistas para a conservação da vegetação nativa, especialmente no que se refere às APPs.

Após a espacialização das métricas da paisagem e verificação da aplicabilidade dos critérios adotados, a execução dos quatro critérios resultou inicialmente em 19 APCAs iniciais (Figura 4).

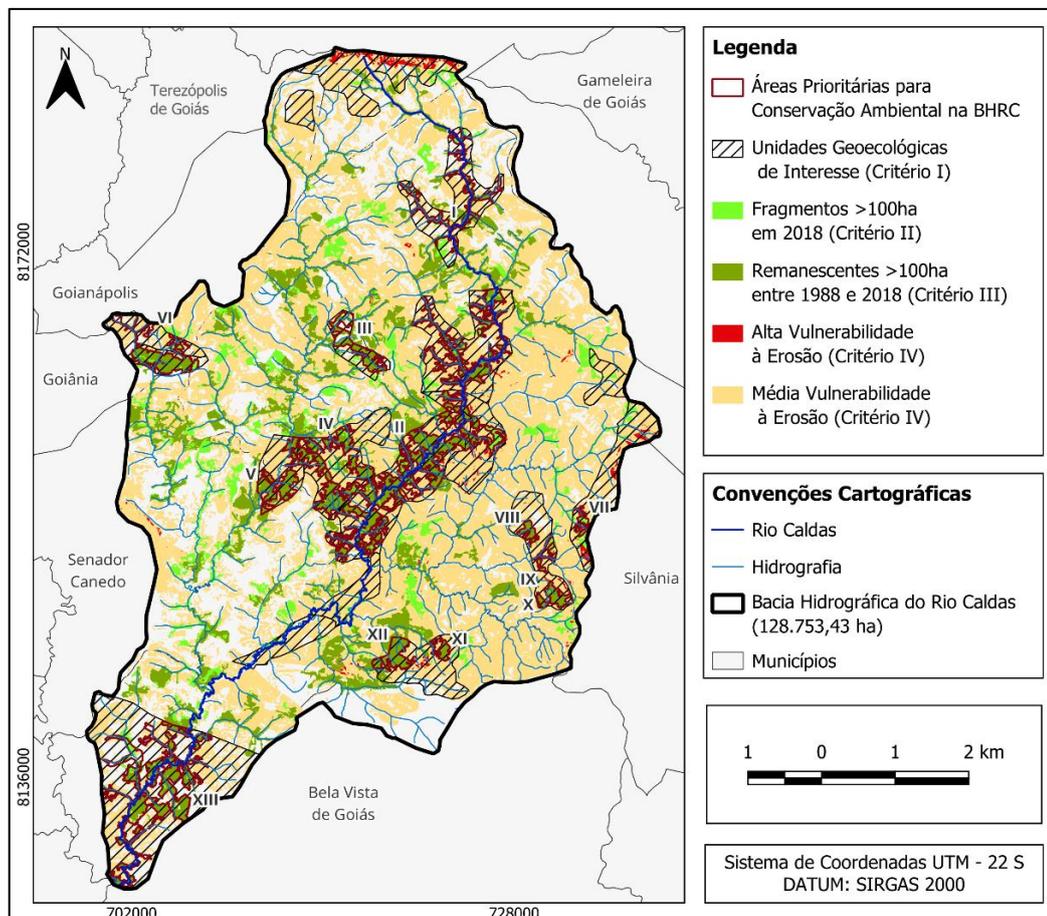
Da execução dos critérios adotados para seleção das APCAs, inicialmente foram obtidos 1.243 fragmentos nativos em 2018 nas UGs representativas. Destes, apenas 22 fragmentos se enquadram no critério II (serem maiores que 100 ha); portanto, cerca de 98% foram eliminados da seleção por serem menores que 100 ha e pouco mais da metade destes (723 feições) possuíam áreas menores que 1 ha em 2018 nas UGs selecionadas. Essa realidade se assemelha ao cenário encontrado por Siqueira e Faria (2019) em outra pesquisa realizada no Cerrado goiano, que empregaram as métricas NP e CA e obtiveram como resultado poucos fragmentos maiores que 100 hectares e uma quantidade mais expressiva de áreas nativas menores que 10 hectares, consideradas inadequadas para a conservação de serviços ecossistêmicos na região.

Todos os 22 fragmentos selecionados estão conectados com APPs de cursos d'água, o que indica que, caso a legislação de proteção florestal seja de fato aplicada, as APPs podem funcionar como corredores ecológicos entre grandes áreas protegidas, definido pelo SNUC como

“porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais” (BRASIL, 2000, Art. 2º).

Segundo Grande, Aguiar e Machado (2020), apesar de as plantações agrícolas reduzirem as grandes áreas de vegetação nativa, os remanescentes ripários protegidos pelas legislações florestais nessas propriedades, mesmo que disponham de menor tamanho, desempenham papel importante na conectividade entre fragmentos nativos por permitirem o aumento da área efetiva de conservação (área core) de fragmentos maduros e de maior tamanho próximos a estas.

Figura 4 - Mapa de aplicação dos critérios de seleção das APCAs (Áreas Prioritárias para Conservação Ambiental) na BHRC



Fonte: Os autores, 2024.

Na averiguação das feições remanescentes desde 1988 (critério III), apenas 19 feições de vegetação nativa permaneceram na seleção, posto que as demais são feições mais recentes e, conforme Ribeiro et al. (2009), os remanescentes mais antigos devem ser considerados prioritários na conservação da biodiversidade.

Ainda, todos os 19 fragmentos resultantes apresentaram áreas vulneráveis à erosão em seu interior ou entorno imediato (critério IV), mantendo-se, portanto, na seleção inicial de 19 APCAs.

Após a seleção inicial pela aplicação dos critérios, as 19 áreas selecionadas foram validadas visualmente, uma a uma, por meio de imagens Sentinel-2. Observou-se que algumas feições eram unidas a áreas contíguas por meio de pequenas feições lineares de vegetação de APPs, que não constavam como vegetação nativa nos mapas de uso da terra utilizados.

Na porção central da bacia, oito APCAs iniciais (II, III, VI, VIII, X, XII) foram unidas a partir da vetorização de feições presentes na imagem de 2023, formando apenas três feições maiores desconectadas entre si (II, IV e V). Portanto, ao final resultaram 11 APCAs para a BHRC, as quais foram devidamente caracterizadas e discutidas; a caracterização detalhada das 11 APCAs propostas considerou aspectos de: área (ha); municípios envolvidos; características principais das UGs e grau de vulnerabilidade à erosão.

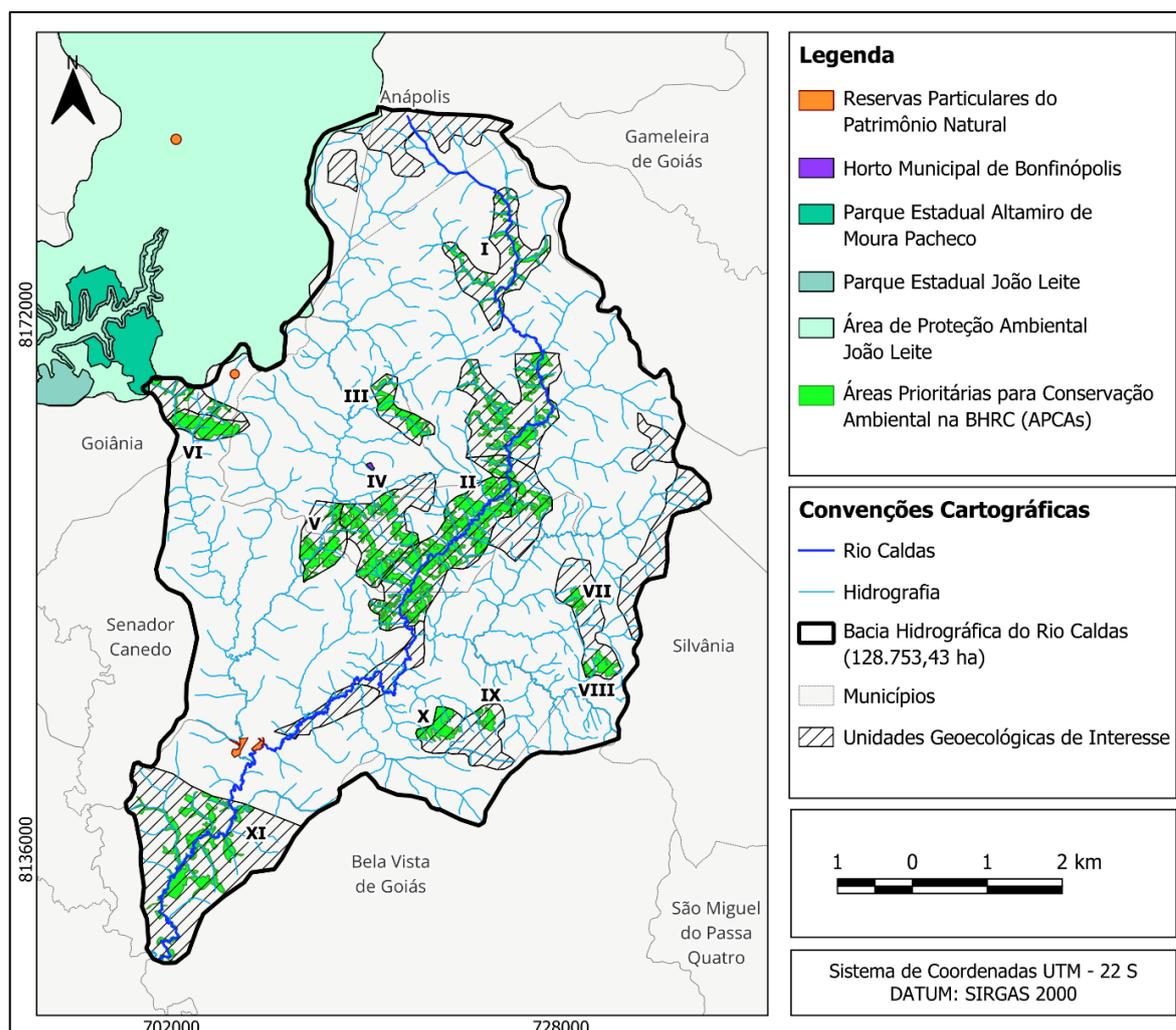
CARACTERIZAÇÃO DAS APCAS PROPOSTAS PARA A BHRC

No interior da BHRC estão localizadas duas Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs (a RPPN Fazenda Bom Sucesso e o Parque Botânico dos Kaiapós) e três UCs nos arredores imediatos

da BHRC (o Parque Estadual do João Leite, o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco e a Área de Proteção Ambiental do João Leite), sendo essas últimas relacionadas ao atual manancial de captação para abastecimento público da RMG, o ribeirão João Leite. Além dessas, a Floresta Nacional de Silvânia fica a cerca de 10 km da BHRC. Foi ainda identificada no interior da BHRC uma área protegida municipal (o Horto Florestal de Bonfinópolis), porém esta não pertence a nenhuma das categorias do SNUC ou SEUC.

As propostas de APAs para a BHRC (Figura 5) foram mapeadas junto às áreas protegidas já estabelecidas nas proximidades da bacia, como as unidades de conservação de proteção integral e uso sustentável, de âmbito federal ou estadual, bem como outras áreas protegidas municipais.

Figura 5 - Áreas Prioritárias para Conservação Ambiental (APAs) da BHRC



Fonte: Os autores, 2024.

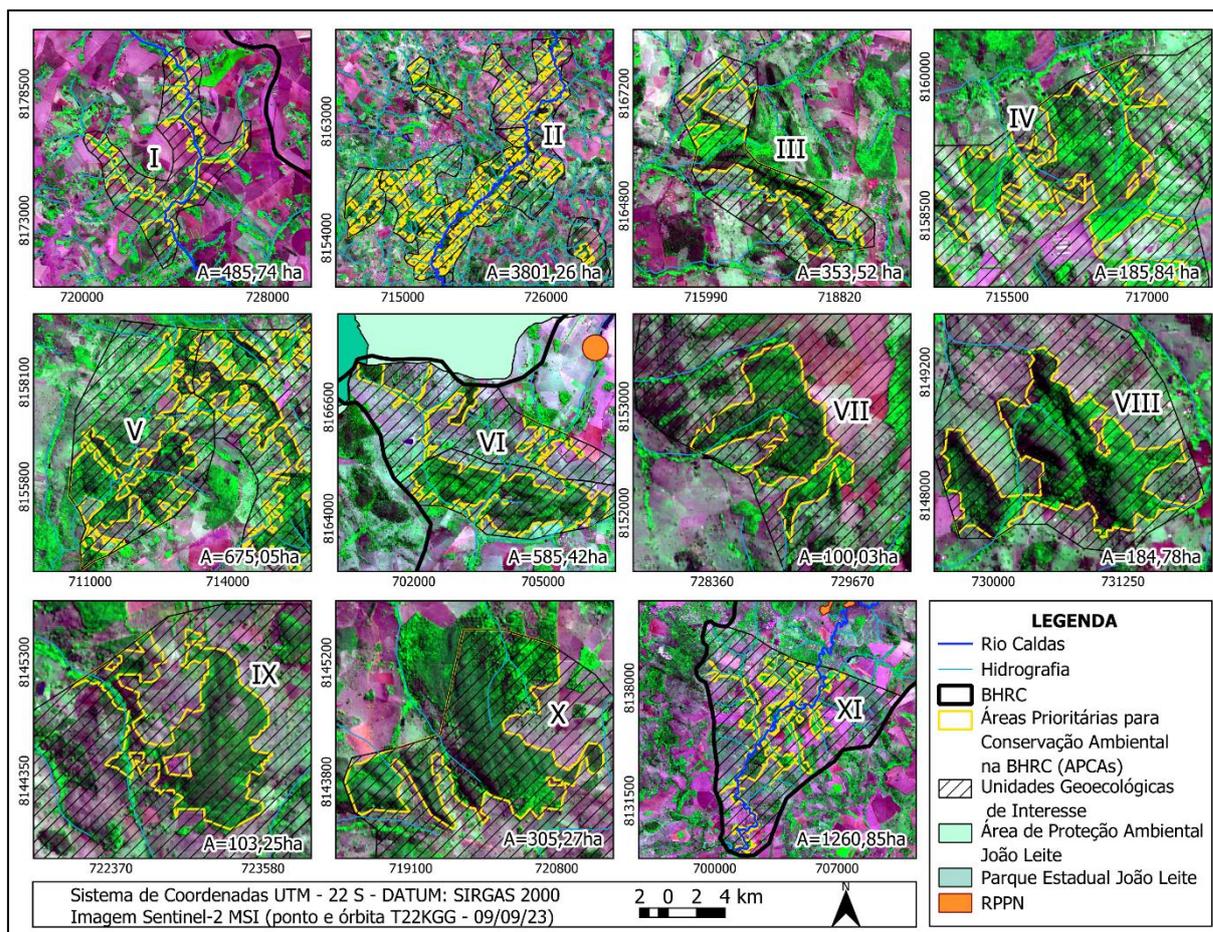
Todas as APAs selecionadas possuem APPs de cursos d'água. Três APAs da BHRC (I, II e XI) estão diretamente relacionadas às APPs do rio Caldas e seus afluentes diretos, sendo feições mais alongadas e com formato mais irregular (por acompanharem as curvaturas dos cursos d'água); nestas, os impactos ambientais de fragmentação e vulnerabilidade das espécies poderiam ser mais evidentes, visto que a área core é pequena.

Duas das APAs supracitadas (II e XI) possuem as maiores áreas no total, com 3.801,26 ha e 1.260,85 ha, respectivamente. De outro lado, as APAs com menores áreas tenderam a apresentar um formato mais regular e com áreas centrais maiores e mais estabelecidas, o que tenderia ao amortecimento dos

impactos da fragmentação. Do total, quatro APCAs apresentam área entre 100 e 200 ha, cinco possuem áreas entre 300 e 700 ha e duas possuem mais de 1.000 ha em área preservada conectada.

As 11 APCAs propostas para a BHRC são detalhadas na Figura 6. Observa-se que as APCAs I, III, VII e XI possuem matriz de entorno mais vinculadas à agricultura (solo exposto em tom roxo na imagem), enquanto as demais APCAs possuem em seu entorno mais feições de pastagens (vegetação rasteira e pouco densa).

Figura 6 - Detalhamento das 11 Áreas Prioritárias para Conservação Ambiental da BHRC



Fonte: Os autores, 2024.

Em uma pesquisa com 65 proprietários rurais no Cerrado goiano, Feltran-Barbieri *et al.* (2018) descreveram as principais motivações dos fazendeiros para a manutenção da cobertura vegetal nativa em propriedades privadas, destacando como principais o cumprimento do Código Florestal e a preservação de terras inadequadas para a agricultura, como terrenos inclinados, pedregosos, alagadiços ou estreitos. Essa realidade pode ser utilizada como um instrumento de educação ambiental para promover a criação de novas unidades de conservação de interesse dos proprietários.

Quanto ao meio físico, as APCAs apontadas para a BHRC estão predominantemente em unidades do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu e do Grupo Araxá, além de algumas em Suíte Jurubatuba e em Sequência Metavulcanossedimentar de Silvânia. Os Cambissolos (mais vulneráveis a processos erosivos) predominam em sete das 11 APCAs, restando duas com predominância de Latossolos e duas com Argissolos.

Cavalcante *et al.* (2020) identificaram áreas prioritárias para conservação florestal no Pará, destacando 11 fragmentos com alta prioridade que cobriam 11,5% da área total e quatro fragmentos de prioridade

muito alta que abrangiam quase 80% da área total. Isso enfatiza a importância do tamanho da área e das APPs para a conservação, pois esses critérios receberam os maiores pesos entre os aplicados.

Destaca-se que oito áreas propostas para conservação se localizam em regiões de relevo movimentado e as três que estão em relevo suave apresentam padrão mais alongado, certamente por serem formadas em maior parte por APPs. A proposição de conservação destas áreas pode favorecer tanto a estabilidade dos solos quanto a melhoria da infiltração em terrenos declivosos e o disciplinamento do uso do solo, evitando cultivos e outras atividades antrópicas nessa região.

Nesse mesmo contexto, verifica-se que a maioria das APAs possui feições internas com média vulnerabilidade à erosão e áreas no entorno imediato com alta vulnerabilidade, o que ressalta a relevância da proteção dessas áreas para evitar danos que se intensificam com as transformações antrópicas.

Scipioni, Mezzomo e Corneli (2016) propuseram duas grandes áreas prioritárias em uma bacia representativa para o abastecimento público. Essas áreas apresentam características de relevo movimentado (>20%) e incluem APPs, além dos maiores fragmentos de vegetação nativa e os mais interligados. Em contraste com a BHRC, onde ainda não há Unidades de Conservação (UCs) públicas, nessa bacia as APAs propostas formavam um mosaico com seis UCs ao todo.

A relevância das APAs na interligação de Unidades de Conservação é evidenciada pela APA VI, que conecta UCs do João Leite à BHRC, e por uma parte da BHRC que, conforme o dossiê propositivo para a revisão dos limites da Reserva da Biosfera do Cerrado (Vereza *et al.*, 2018), está situada na futura zona de transição entre as UCs do João Leite e a FLONA de Silvânia. Assim, a criação de UCs ou de políticas de proteção dos remanescentes propostos na BHRC encontra mais uma justificativa.

Em relação aos limites administrativos, dos 11 municípios compreendidos pela BHRC, somente Anápolis e Hidrolândia não foram abrangidos por nenhuma APA proposta. Essa situação não beneficia as nascentes do rio Caldas (no município de Anápolis), e aponta a inexistência de áreas remanescentes de maior extensão nas nascentes principais da bacia.

Por outro lado, Leopoldo de Bulhões e Caldazinha estão inseridos em diversas das áreas propostas, possivelmente pela abrangência de sua área ser de quase 100% na BHRC. Mais da metade das APAs se localizam nos limites de mais de um município: quatro (V, VII, VIII e X) com dois municípios cada e duas (IV e IX) com quatro municípios cada (incluindo a capital Goiânia e a industrial Senador Canedo).

Em contraste, os municípios de Leopoldo de Bulhões e Caldazinha são abrangidos em várias das áreas propostas. Seis APAs estão integralmente localizadas apenas em um município (01 em Bela Vista de Goiás, 01 em Leopoldo de Bulhões, 02 em Caldazinha e 02 em Silvânia), fator que facilitaria a criação de atos administrativos municipais para proteção destas áreas. Entretanto, quase metade das áreas propostas faz limite com dois ou mais municípios, chegando até quatro municípios, no caso das APAs V e VI. A APA VI se configura como importante área compreendida pela grande capital Goiânia e pela cidade industrial de senador Canedo, por Bonfinópolis e Goianópolis; em suas proximidades estão as Unidades de Conservação da Bacia Hidrográfica do ribeirão João Leite (Área de Proteção Ambiental do João Leite, Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco e Parque Estadual João Leite, além de uma RPPN).

O advento do ICMS Ecológico dos municípios no estado de Goiás, regulamentado pela lei complementar nº 177 de 2022, garante um incentivo a mais para que os municípios goianos possam propor UCs (municipais ou estaduais) ou regularizar as já existentes, visto que o critério obrigatório para recebimento do retorno financeiro dos impostos é que o município possua em seu limite pelo menos uma UC regulamentada pelo SNUC/SEUC. Dessa forma, as APAs aqui propostas podem servir como uma recomendação ambiental de áreas mais prioritárias para essa implementação nos 11 municípios que compõem a BHRC, individualmente ou como forma de convênio entre mais de um município.

De outro lado, as APAs menores que se localizarem em propriedades privadas podem ser propostas como Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), como é o caso da RPPN Parque Botânico dos Kaiapós (80,37 ha), pois mesmo áreas menos expressivas são ainda áreas relevantes visto que protegidas permanentemente.

Destaca-se que para criação ou regularização de uma APA como Unidades de Conservação deve se proceder com “estudos técnicos e de ampla consulta à população local, aos órgãos de governo, às

instituições de pesquisa e organizações da sociedade civil, mediante audiências públicas e outros mecanismos que permitam identificar a localização, a dimensão e os limites (...)” (Brasil, 2002).

A especificidade da BHRC como uma bacia designada para abastecimento público em larga escala destaca a importância de proteger as áreas circundantes aos reservatórios, especialmente aquelas abrangidas pela APCA XI, pois isso proporciona vários benefícios ambientais. Oliveira e Ribeiro (2017) afirmam que a preservação dessas áreas “além de conter a erosão do solo, resguarda o reservatório contra a contaminação da água devido às atividades humanas, como pecuária e agricultura, e contribui para a conectividade da paisagem regional”.

Cabe destacar a relevância dos três tipos de formação nativa aplicados – formações florestais, savânicas e campestres – à manutenção da biodiversidade e das funções ambientais do cerrado. Ainda que frequentemente as formações florestais sejam mais destacadas, os campos e as savanas são parte do mosaico composto pelas “florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação nativa, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País” (Brasil, 2012).

Observa-se que as APCAs resultantes dos critérios propostos podem ser consideradas como centro de atenção para as ações de conservação nesta bacia, porém há algumas áreas fora das UGs de interesse que fazem parte do prolongamento das APCAs, que podem não ter atendido algum dos critérios (não serem remanescentes desde 1988 ou não estarem dentro das UGs de interesse, por exemplo). Nesses casos, a criação de instrumentos de proteção para essas áreas deve considerar, quando possível, todo o fragmento, assegurando proteção mais efetiva dos serviços ecossistêmicos dos fragmentos selecionados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da abordagem da Geoecologia das Paisagens na seleção de áreas prioritárias para conservação se mostrou uma metodologia adequada que considera diversos aspectos ambientais e de planejamento das paisagens. Em associação com a compartimentação de unidades de paisagem, o método aplicado se mostrou eficaz.

Tal metodologia objetiva a proteção de grandes fragmentos que remanescem no tempo – indicando ecossistemas mais maduros e biodiversos –, preconiza a conservação de áreas que possuem solos mais vulneráveis a erosões e de áreas menos vulneráveis à fragmentação das manchas de vegetação nativa. Além disso, é possível inferir dos resultados características referentes à efetividade da aplicação de políticas públicas ao longo do tempo, como a preservação das APPs de cursos d’água e de relevo.

Na BHRC, aplicando os quatro critérios de seleção pré-definidos, 11 fragmentos de vegetação nativa atenderam aos requisitos e foram sugeridos como áreas prioritárias para conservação ambiental (APCA). Em suma, este resultado apresenta para a BHRC qual é a localização e o estado ambiental de seus últimos 11 fragmentos íntegros, mais estáveis no tempo e maiores que 100 ha, os quais necessitam de ações efetivas de conservação para perpetuação dos serviços ambientais prestados por esses fragmentos e do ecossistema ali existente há mais de três décadas.

A maioria das APCAs propostas para a BHRC apresenta características como área que varia entre 300 e 700 hectares, localização em mais de um município e em sua maioria está situada em áreas com relevo movimentado, evidenciando a necessidade de proteção. Internamente, possui em maioria média vulnerabilidade erosiva, enquanto as áreas imediatas circundantes possuem índices altos.

Considerando os elementos geoecológicos e de planejamento de uso da terra, a seleção APCAs contribui com a gestão pública municipal e estadual como uma base para futura criação de áreas protegidas na BHRC, tanto de domínio público quanto privado. Além disso, este estudo contribui para a comunidade científica com a proposta de uma metodologia para seleção de áreas para conservação em bacias hidrográficas de escala local, que podem ter como objetivo a preservação da biodiversidade, proteção de espécies ameaçadas ou endêmicas, bem como a conservação dos recursos hídricos e do solo. Isso representa uma abordagem de planejamento de longo prazo que está integrada aos projetos e ações a serem desenvolvidos nessa região.

Apesar disso, é importante ressaltar que este estudo não teve a intenção de esgotar a complexidade das paisagens na região, mas subsidiar possíveis estratégias para a implementação de futuras áreas protegidas oficiais na BHRC, especialmente unidades de conservação de domínio público, até então inexistentes nessa bacia.

Os resultados obtidos fornecem várias oportunidades para análises mais aprofundadas da BHRC e para a expansão e otimização por meio de estudos detalhados de cada Unidade Geoeológica (UG) e APCA delimitada, servindo como um ponto de partida para pesquisadores, órgãos gestores e a coletividade, caso desejem se aprofundar no conhecimento dessas áreas com maior detalhamento.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto no 2.519, de 16 de março de 1998**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm?_ga=2.48488742.1625511778.1610718026-1382746340.1605192363. Acesso em: 12 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 20 jun. 2020

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF. Presidência da República, 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 29 maio 2023.

CAVALCANTE, J. DA C. *et al.* Análise multicriterial na definição de áreas prioritárias à conservação florestal em São Felix do Xingu - PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 167–181, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbqf.v13.1.p167-181>

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

FARIA, K. M. S.; ARAGÃO, L. P.; TEIXEIRA, N. F. F.; SOARES, L. A.; MEIRA, S. A. (Orgs), 2022, p. 114-124. **"Planejamento e Gestão Territorial em suas Diversas Amplitudes - Coletânea II"**. São Luís, MA: EDUFMA, 2022, p. 114-124.

FELTRAN-BARBIERI, R. *et al.* **Infraestrutura Natural para Água no Sistema Cantareira, São Paulo**. [s.l.] Néktar Design, 2018.

GOIÁS. **Lei nº 14.247, de 29 de julho de 2002**. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação no Estado de Goiás e dá outras providências. Disponível em:

<https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/81809/pdf>. Acesso em: 29 set. 2023.

GOIÁS. **Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências. Disponível em:

<https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/90203/pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

GRANDE, T. O.; AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B. Heating a biodiversity hotspot: connectivity is more important than remaining habitat. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 3, p. 639–657, 2020.

<https://doi.org/10.1007/s10980-020-00968-z>

HACKBART, V. C. DOS S. Serviços ecossistêmicos hídricos em paisagens florestais fragmentadas: um caminho para a conservação da Mata Atlântica. **Tese (Doutorado em Ecologia)** – São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016. <https://doi.org/10.11606/T.41.2017.tde-24032017-100941>

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3a ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243–253, 2000. <https://doi.org/10.1038/35012251>

MENDONÇA, F.; MARQUES, G. DE S. Degradação Ambiental e Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica de Abastecimento Público: Rio Timbú-PR. **Entre-Lugar**, v. 3, n. 2, p. 111–136, 2011.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2001. DOI <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

OLIVEIRA, M. C. DE; RIBEIRO, J. F. Impactos na vegetação em área de implantação de reservatório no bioma Cerrado. In: SALES, M. M. *et al.* (Eds.). **Erosão em borda de reservatório**. Goiânia, GO: Gráfica UFG, 2017. p. 584.

Projeto MapBiomias – Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas>. Acesso em: 10 ago. 2023.

QGIS Development Team, 2023. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 20 jun. 2023.

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. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. DA. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

SCIPIONI, B.; MEZZOMO, M. D. M.; CORNELI, V. M. Identificação De Áreas Prioritárias Para a Conservação Da Natureza Na Bacia Do Rio Mourão-Pr, Sob a Perspectiva Do Planejamento Da Paisagem. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 3, p. 149–158, 2016. <https://doi.org/10.5902/2236499421979>

SANTOS, L. A. C. *et al.* Conflitos de uso e cobertura do solo para o período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas-GO. **Fronteiras**, v. 87, n. 2, p. 189–211, 2019. DOI <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i2.p189-211>

SIQUEIRA, M. N.; FARIA, K. M. S. Análise da dinâmica da paisagem no município de Rio Verde, Goiás, Brasil: uma ferramenta para a escolha de áreas prioritárias para a conservação. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. 1–20, 2019. <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-38832>

SOUSA, A. C. R. C. DE; OLIVEIRA, I. S. DE; MACHADO, L. F. C. **Caracterização da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas/GO**. Beau Bassin: Novas Edições Acadêmicas, 2019.

SOUSA, A. C. R. C. DE; FARIA, K. M. S. DE; Caracterização e dinâmica da composição da paisagem no cerrado goiano: o caso da bacia hidrográfica do rio Caldas. In: SEABRA, G. (Org.). **Terra - Vulnerabilidades e Riscos Ecológicos**. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2021, p. 222-236.

SOUSA, A. C. R. C. DE; FARIA, K. M. S. DE; Compartimentação das unidades geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Caldas (GO) e vulnerabilidades à fragmentação, erosão e infiltração. In: SILVA, E. V. (Org.). **Planejamento e gestão territorial em suas diversas amplitudes - Estratégias de geoecologia das paisagens e análise geossistêmica no planejamento e gestão territorial**. 1 ed. São Luís: EDUFMA, 2022, v. 1, p. 114-124.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. V.4 ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2017.

TEIXEIRA, N. F. F.; SILVA, E. V. DA; FARIAS, J. F. Geoecologia Das Paisagens E Planejamento Ambiental: Discussão Teórica E Metodológica Para a Análise Ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 9, p. 147–158, 2017. DOI <https://doi.org/10.18468/planetaamazonia.2017n9.p147-158>

VEREZA, R. *et al.* **Dossiê propositivo: revisão dos limites da Reserva da Biosfera do Cerrado**. Ministério ed. Brasília, DF: MMA, 2018.

Recebido em: 23/04/2024

Aceito para publicação em: 15/07/2024