

ESTRUTURA E DINÂMICA DAS PAISAGENS DA BACIA HIDROGRÁFICA ARROIO GUAÇU – PARANÁ, BRASIL

Jeferson Luiz dos Santos ¹
Carlos Eduardo das Neves ²
Letícia Roberta Amaro Trombeta ³
Oscar Vicente Quinonez Fernandez ⁴

INTRODUÇÃO

A paisagem é um complexo dinâmico formado por interações socionaturais, cuja aparência é o reflexo das transformações socioambientais ao longo do tempo. Diante de uma relação desigual entre sociedade e natureza, o potencial articulador observado no conceito de paisagem tem ganhado força nos estudos socioambientais realizados em bacias hidrográficas constantemente transformadas e fragmentadas pelo uso e cobertura da terra (Neves *et al.*, 2021; Trombeta, 2019). Assim sendo, além de ser entendida como área de estudo da Geografia (Trombeta; Leal, 2016), a bacia hidrográfica é também uma unidade básica para gestão e planejamento dos recursos hídricos no Brasil, como visto na lei 9.433/97 (Brasil, 1997).

Neste viés, o presente trabalho visou identificar e compreender a estrutura e a dinâmica socioambiental das unidades de paisagem existentes na Bacia Hidrográfica do Arroio Guaçu (BHAG), Paraná, Brasil. Para isso, baseando-se no caráter sistêmico de multivariáveis, no caráter global da totalidade e no caráter hierárquico das paisagens, entende-se, a partir da análise geossistêmica, a paisagem como um produto da relação entre potencial natural, atividade biológica e apropriação cultural (Bertrand, 2004; Cavalcanti, 2018), que acumula herança de processos (socionaturais) antigos e recentes que tornam essas áreas palimpsestos (Ab’Saber, 2003) – espelho de múltiplos tempos. Tais reflexões reafirmam a seguinte definição: paisagens são “heranças de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (Ab’Saber, 2003, p. 9). Tal direcionamento, aproxima-se das perspectivas holísticas e de interdependência dos elementos físicos e humanos já defendidas por Alexander Von Humboldt e ressignificadas por

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/MCR, jefersantos@outlook.com;

² Professor da Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ/Maracanã, cenuerj@hotmail.com;

³ Professora da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – Instituto das Cidades, leticia.trombeta@unifesp.br;

⁴ Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/MCR; oscarfernandez49@gmail.com;

Georges Bertrand e Carlos Augusto de F. Monteiro, por exemplo (Venturi, 2018).

Partindo deste panorama, a pesquisa se justifica por um estudo que fomenta a importância do conceito de paisagem para o planejamento e gestão ambiental de bacias hidrográficas expressivamente alteradas, sobretudo pela ação social de produção do espaço. Para entender as conexões geocológicas existentes no local, relaciona-se o potencial dos pressupostos teórico-metodológicos e técnicos da cartografia de paisagens com o potencial de diagnóstico observado nas matrizes de impactos socioambientais. Tais articulações são desenvolvidas com o uso de geoprocessamento, dados secundários e investigação de campo.

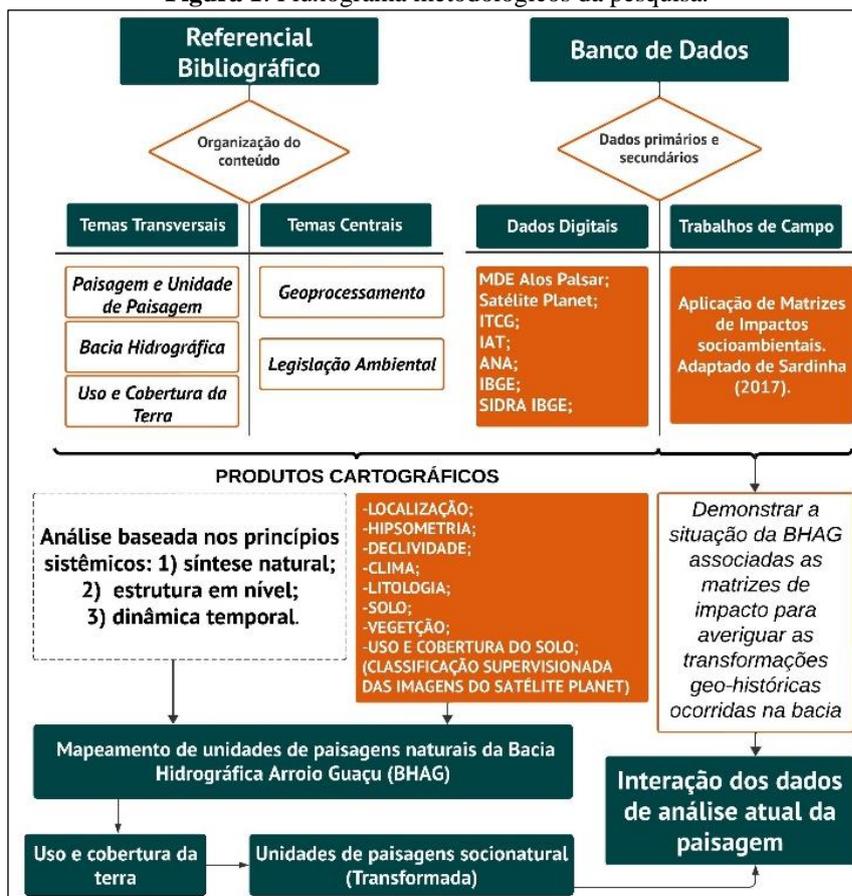
Portanto, apoiado no debate sistêmico, este estudo possibilita uma reflexão sobre as dinâmicas socioambientais e as transformações paisagísticas da área de estudo, dinamizadas pelo sistema físico-ambiental e distintos usos e coberturas da terra. Neste viés, estudar a BHAG é relevante, pois é um importante afluente do Rio Paraná, que abrange nove municípios no Estado do Paraná. Além disso, observa-se que a BHAG tem apresentado um aumento significativo do uso hidrelétrico nos últimos dez anos, além de outros usos potencialmente impactantes na bacia hidrográfica, como aviários expressivamente tecnificados e empresas de piscicultura que tem ampliado inadequadamente o número de espécies exóticas nos ecossistemas aquáticos da região, entre outros (Santos; Neves; Fernandez, 2023).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia se estrutura nos fundamentos teóricos-metodológicos da cartografia de paisagens, buscando entender a estrutura e a dinâmica das paisagens da BHAG. Para isso, com base na análise geossistêmica e em matrizes de impacto socioambiental, articula-se informações sobre aspectos físico-geográficos e uso e cobertura da terra, possibilitando uma análise socioambiental da bacia hidrográfica (Alves; Silva; Medeiros, 2022; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022), seguindo para isso os direcionamentos da Figura 1.

Para o desenvolvimento dos mapeamentos temáticos e produtos síntese, utilizou-se bases cartográficas do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), imagens do Satélite Planet e o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Satélite Alos Palsar, através do *EARTHDATA – NASA*, na plataforma *Alaska Satélite Facility* (VERTEX).

Figura 1: Fluxograma metodológicos da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

O mapeamento das unidades de paisagens ocorreu a partir da sobreposição e da união geoespacial de elementos físico-geográficos da BHAG no formato digital, gerando produtos analisados e interpretados a cada etapa, conforme apontado por Trombeta (2019), Oliveira, Braz e Cavalcanti (2022). O tratamento e tabulação dos dados foram realizados em três softwares: Qgis versão 3.28.15 *Firenze*; ArcGis®10.8, especificamente o *ArcMap*®; e o Excel 360.

A metodologia segue pela união dos elementos geoespaciais em quatro níveis taxonômicos de análise, atendo-se a seguinte ordem: 1º nível – declividade e hipsometria (morfometria); 2º nível - resultados do 1º nível e associação das informações de solos; 3º nível - resultados do 2º nível e associação das informações de fitogeografia (paisagens naturais); 4) resultados do 3º nível (ou paisagens naturais) e associação das informações de uso e cobertura da terra (paisagens naturais/transformadas sacionaturais). Para gerar os cruzamentos geoespaciais e elaborar o mapa de paisagens foi utilizado o SIG Qgis para utilizado para a união dos dados geoespaciais; o SIG ArcMap para efetuar a área mínima cartografada de 40.000m²; que consiste na generalização para escala de 1:50.000, e o Excel para ajustes e tabulação das unidades de paisagem, aplicando a fórmula *Somases*.

Importante destacar a classificação supervisionada do uso e cobertura da terra, utilizada na sobreposição e análise do 4º nível de paisagem, baseou-se no Manual Técnico do Uso da Terra do IBGE (2013), gerando nove tipos de usos e coberturas distintos na bacia hidrográfica e adaptando as particularidades existentes na área de estudo. A classificação supervisionada possibilitou identificar de forma semiautomática as imagens por meio de amostras coletadas previamente (treinamento). A imagem do Satélite Planet foi a base para a classificação supervisionada, devido a sua resolução após generalizada para 10 metros.

Assim sendo, o mapeamento de unidades de paisagem está estruturado nos princípios multivariável, totalidade e hierárquico de delimitação de sistemas, em que unidades menores se associam para compor unidades maiores (*upscaling*) (Cavalcanti, 2018; Salinas Chavez *et al.*, 2019). Ressalta-se que a análise dos elementos dispostos no mapeamento ocorre evidenciando o trânsito entre as particularidades dos elementos constituintes das paisagens e a síntese entre eles, obedecendo uma perspectiva complexa de geossistema.

A fim de validar as unidades de paisagens, realizou-se, em janeiro de 2024, 63 pontos de visitação com aplicação de matrizes de impacto em toda extensão da BHAG, sobretudo próximo às estradas rurais, totalizando cerca de 500km de percurso. A matriz utilizada em campo foi adaptada de Sardinha (2007), atendo-se às particularidades da BHAG (Tabela 1).

Tabela 1: Matriz de impactos socioambientais para BHAG.

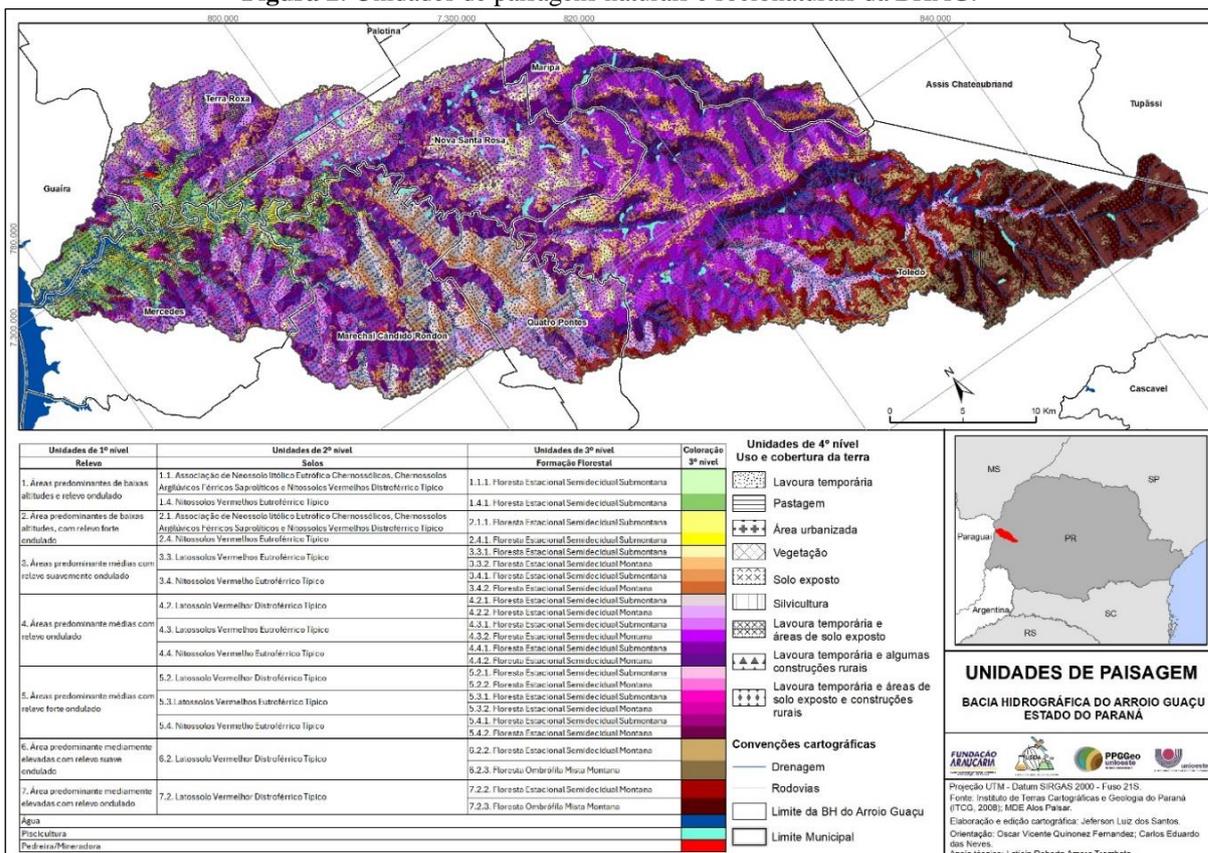
Indicadores Biofísicos	PESO	Indicadores Biofísicos	PESO
Cobertura Vegetal		Posição da cobertura vegetal	
Sem Vegetação	0	Ausente	0
Pouca Vegetação	1	Vertente	1
Média Vegetação	2	Fundo de Vale	2
Muita Vegetação	3	Vale e na vertente	3
Densidade da Vegetação		Fauna no entorno	
Ausente	0	Ausencia de animais	0
Fragmentos	1	Pouca presença de animais	1
Esparça	2	Moderada presença de animais	2
Densa	3	Grande presença de animais	3
Erosão no entorno		Lixo no entorno	
Boçoroca	0	Muito Lixo	0
Ravina	1	Pouco Lixo	1
Sulco	2	Lixo em latões	2
Sem erosão	3	Sem lixo	3
Som (Ruídos)		Saneamento	
Grande quantidade de Som	0	Fossa	0
Média quantidade de Som	1	Dejetos	1
Pequena quantidade de Som	2	Esgoto para tratamento	2
Sem problemas com som	3	Ausente	3
Intervalo de valores		Classificação dos impactos	
24-19		Pouco impacto	
18-13		Impacto moderado	
12-7		Impacto alto	
6-0		Impacto preocupante	

Fonte: Adaptado de Sardinha (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento das paisagens da BHAG resultou em 24 unidades de paisagens naturais e 132 unidades de paisagens sionaturais/transformadas (Figura 2), do qual, para este trabalho, foram selecionadas 6 unidades de paisagens naturais, mais representativas para esse momento, permitindo a análise das matrizes de impactos socioambientais.

Figura 2: Unidades de paisagens naturais e sionaturais da BHAG.



Fonte: Autoria própria.

De modo particular, destaca-se que as diferenciações naturais entre as paisagens são pouco distintas, sendo a declividade e o clima os principais elementos de mudança, porém a dinamização antrópica aparece como potencializador de mudança fisionômica e de processos geradores, influenciando as diferenciações entre as unidades de paisagem.

As paisagens naturais são identificadas por algarismos indo-arábicos, indicando cada compartimentação física, dispostas na sequência de morfometria/morfologia, solos e vegetação. Diante do tamanho do artigo, e com base nos 63 pontos de aplicação da matriz, desenvolve-se a reflexão sobre as seis unidades de paisagens representativas, nas quais foram aplicadas mais de uma matriz de impacto (Tabela 2).

Tabela 2: Unidades de paisagens naturais com matrizes aplicadas.

UNIDADES DE PAISAGENS NATURAIS DA BHAG			Matrizes		
			Máx.	Min.	Média
1.4.1		Paisagem localizada na faixa de 218-300 metros de altitude, com variação de relevo ondulado (5-12% de declividade). Presença litológica do Nitossolo Vermelho Eutroférico típico. Derrames tabulares de ferro-basalto cinza-arroxeadado com entablamento em cunha, sigmoidal e disjunção mais comumente tetragonal, intercalados com brecha hidrovolcanoclástica, hidrotufo e lobos de basalto cinza do Membro Toledo da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Úmido – Cfa (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Estacional Semidecidual Submontana.	13	20	16,5
2.4.1		Paisagem localizada na faixa de 218-300 metros de altitude, com variação de relevo forte ondulado (12-30% de declividade). Presença litológica de Nitossolo Vermelho Eutroférico típico. Intercalação de derrames lobados de basalto vesicular, com abundantes brechas de fluxo cimentadas por sílica e calcita, brecha hidrovolcanoclástica, arenito conglomerático de grânulos, hidrotufo fino do Membro Santa Quitéria da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Úmido – Cfa (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Estacional Semidecidual Submontana.	15	21	18
3.4.1		Paisagem localizada na faixa de 301-500 metros de altitude, com variação de relevo suave ondulado (<5% de declividade). Presença litológica de Nitossolo Vermelho Eutroférico típico. Derrames tabulares de ferro-basalto cinza-arroxeadado com entablamento em cunha, sigmoidal e disjunção mais comumente tetragonal, intercalados com brecha hidrovolcanoclástica, hidrotufo e lobos de basalto cinza do Membro Toledo da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Úmido – Cfa (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Estacional Semidecidual Submontana.	10	16	13
4.2.2		Paisagem localizada na faixa de 301-500 metros de altitude, com variação de relevo ondulado (5-12% de declividade). Presença litológica de Latossolo Vermelho Distroférico típico. Derrames tabulares de ferro-basalto cinza-arroxeadado com entablamento em cunha, sigmoidal e disjunção mais comumente tetragonal, intercalados com brecha hidrovolcanoclástica, hidrotufo e lobos de basalto cinza do Membro Toledo da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Úmido – Cfa (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Estacional Semidecidual Montana.	14	16	15
5.4.1		Paisagem localizada na faixa de 301-500 metros de altitude, com variação de relevo forte ondulado (12-30% de declividade). Presença litológica de Nitossolo Vermelho Eutroférico típico. Derrames tabulares de ferro-basalto cinza-arroxeadado com entablamento em cunha, sigmoidal e disjunção mais comumente tetragonal, intercalados com brecha hidrovolcanoclástica, hidrotufo e lobos de basalto cinza do Membro Toledo da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Úmido – Cfa (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Estacional Semidecidual Submontana.	15	22	18,5
7.2.3		Paisagem localizada na faixa de 501-700 metros de altitude, com variação de relevo ondulado (5-12% de declividade). Presença litológica de Latossolo Vermelho Distroférico típico. Derrames tabulares de ferro-basalto cinza-arroxeadado com entablamento em cunha, sigmoidal e disjunção mais comumente tetragonal, intercalados com brecha hidrovolcanoclástica, hidrotufo e lobos de basalto cinza do Membro Toledo da Formação Cascavel – Ksgcs (Mineropar, 2013). O clima predominante segundo a classificação de Köppen é o Subtropical Temperado – Cfb (IAPAR, 2019), com diversas precipitações distribuídas durante todo ano, porém com chuvas predominantes durante o verão sem estação de seca. A fitogeografia é demarcada pela formação da Floresta Ombrófila Mista Montana.	11	17	14

Fonte: autoria própria.

Ainda na Tabela 2, baseado nos resultados das matrizes de impacto se apresenta os valores máximos, mínimos e médias das duas matrizes de impactos aplicadas nas seis unidades representativas – valores que demonstram a classificação dos impactos na bacia que em média é moderado, conforme a Tabela 1.

A análise das unidades por meio das matrizes está baseada em uma reflexão que transita entre sociedade e natureza, demonstrando uma situação socioambiental de ampliação da fragmentação das paisagens, algo observado na passagem das unidades naturais para as unidades socionaturais. Ou seja, os diferentes tipos de uso, com destaque para o uso agropecuário, são condição *sine qua non* para a ampliação do número de unidades. Assim sendo, a complexificação da BHAG ocorre ao mesmo tempo em que se exaure os elementos da biodiversidade local, sobretudo a vegetação que se encontra hoje apenas junto aos rios e em pequenas manchas no baixo curso da BHAG.

A unidade 3.4.1 dentre as selecionadas é a que possui o maior valor de impacto devido a sua forte prática de cultivo temporário por grande extensão com pouco margem de vegetação em torno dos cursos hídricos, fomentando impactos associados ao assoreamento, principalmente nos períodos entre a colheita e o replantio. Nesta mesma linha de análise, a unidade 7.2.3 contém uma mineração/pedreira em suas delimitações também tem em uma de suas matrizes o destaque de alto impacto socioambiental, igualmente associados às longas extensões de lavoura temporária. A esse respeito, destaca-se que as unidades com maior declividade, possuem maior diversidade de usos e menores impactos socioambientais. Isso motiva o pensamento de respeito ao uso múltiplo da bacia hidrográfica, sobretudo aquela baseado em propriedades de menor extensão atentas as potencialidades e fragilidades da área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As paisagens naturais e socionaturais identificadas representam momentos distintos de complexidade e evolução da bacia hidrográfica estudada – paisagens que indicam diferentes estados dos geossistemas da área. O maior número de paisagens socionaturais em detrimento das naturais demandaram da pesquisa um olhar mais complexo para a BHAG, uma vez que a transformação da área está associada ao perfil agroexportador dos municípios em que a bacia hidrográfica está inserida, destacando-se os latifundiários e grandes cooperativas como os principais agentes modificadores das paisagens da BHAG.

A observação sobre a diversidade crescente das paisagens da BHAG evidencia a necessidade de uma abordagem geossistêmica mais complexa, uma vez que os processos criadores de paisagens vão além da dinâmica biofísica da área. Ou seja, a transformação dessa área está intrinsecamente ligada ao perfil agroexportador dos municípios em que a bacia se localiza. Os latifundiários e grandes cooperativas têm desempenhado um papel central nessa mudança, amparados pelos incentivos locacionais locais. Isso levanta importantes questões sobre o impacto dessas atividades nos serviços ecossistêmicos e nos recursos hídricos da região. Por isso, analisar essas transformações exige uma compreensão profunda das interações entre os fatores socioeconômicos e ambientais envolvidos, baseado também nas transformações socioambientais ocorridas em escalas espaço-temporais superiores.

A partir de uma abordagem geossistêmica de caráter articulador entre sociedade e natureza, é possível observar que a ampliação das variáveis atuantes na dinâmica da BHAG contribuíram com a fragmentação do sistema ambiental local, fato presenciado na paisagem e relatado pelas matrizes de impacto socioambiental. Atualmente, a bacia hidrográfica possui um

novo limiar homeostático, o qual possui caráter resistásico progressivo, visto que somente no baixo curso, área de relevo mais acentuado, é possível observar vegetação expressiva associada às propriedades de menor porte.

A tecnificação das propriedades rurais no médio e alto curso da BHAG, com destaque aos aviários e a piscicultura, por exemplo, traçam novas rotas para o futuro desse complexo paisagístico analisado, que há décadas é reconhecido pelo cultivo de monocultura agroexportadora (soja e milho, especialmente) e pecuária nas áreas de maior declividade.

O mapeamento das unidades de paisagem e a sua interpretação demonstram: (1) o potencial da articulação da cartografia de paisagens, dos princípios sistêmicos e da aplicação da matriz de impacto socioambiental em bacias hidrográficas; (2) além de ser um produto que os municípios da região podem utilizar para organizarem estratégias de planejamento e gestão territorial e ambiental, especialmente a partir de comitês de bacias e ações de manejo realizadas pelas prefeituras dos municípios.

Palavras-chave: Cartografia da paisagem; Geossistema; Unidades de paisagens; Bacia hidrográfica; Geoprocessamento.

REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, L. B.; SILVA, C. A. da.; MEDEIROS, R. B. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, Mato Grosso do Sul. **Revista da Anpege**, v. 18, n. 35, p. 133-156, 2022.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. esboço metodológico. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, p. 141-152, 2004.

BRASIL, Lei. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 03 de abril de 2024.

CAVALCANTI, L. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. Ed. rev. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências**. n. 7, Manual Técnico de Uso da Terra. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.

NEVES, C. E. das; SALINAS, E.; PASSOS, M. M. dos; ROSS, J. L. S.; CUNHA, L. The Scientific Work on Landscape Analysis in Brazil: perspectives for an integrating debate. **Geo UERJ**, n. 39, p. e58389, 2021.

NEVES, C. E. das; SODRÉ, M. T. Por um Geossistema Complexo: articulações teóricas e operacionais apoiadas por núcleos e redes de pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, n. 1, p. 1 - 17, 2021.

OLIVEIRA, C. S.; BRAZ, A. M.; CAVALCANTI, L. C. S. Cartografia de Paisagens da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Paraíso - Jataí (GO). **Espaço em Revista**, v. 24, p. 2296, 2022.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P.; **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6ª ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

SALINAS CHAVEZ, E. S.; MATEO RODRIGUEZ, J. M.; CAVALCANTI, L. C. DE S.; BRAZ, A. M. Cartografía de los paisajes: teoría y aplicación. **Physis Terrae**, Guimarães, Portugal, v.1, n.1, p.7-29, 2019.

SANTOS, J. L.; NEVES, C. E.; FERNANDEZ, O. V. Q. Impactos socioambientais de empreendimentos hidrelétricos em Marechal Cândido Rondon-PR. **Anais... XI Encontro Nacional da ANPPAS**, modalidade Artigo, GT-02. UFPR, Curitiba-PR, 2023.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; CARVALHO, D. F.; CUNHA, R.; SOUZA, A. D. G. **Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais no município de Altinópolis (SP)**. São Paulo: Geociências, v. 26, n.2, p.161-172, 2007.

TROMBETA, L. R; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e geoecologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. **Revista Formação (online)**, v. 3, n. 23, p. 187-216, 2016.

TROMBETA, L. R; **Gestão das águas, planejamento de bacias hidrográficas e paisagem: proposta metodológica aplicada na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2019.

VENTURI, L. A. B. Paisagem geográfica: muito além do nosso campo de visão. **Confins**, n. 38, p. s.n., 2018.