



UFRR

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

JESÚS JORDÁN MARQUINA VERA

**ANÁLISE GEOSISSTÊMICA PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL: BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ-RR**

**BOA VISTA, RR
2025**

JESÚS JORDÁN MARQUINA VERA

**ANÁLISE GEOSISSTÊMICA PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL: BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ-RR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais (Recursos Naturais) na área de concentração: Manejo e Dinâmicas de Bacias Hidrográficas. Linha de Pesquisa: Manejo e Dinâmica de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Stelio Soares Tavares Junior
Coorientadora: Profa. Dra. Luiza Câmara Beserra
Neta

**BOA VISTA, RR
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

V473a Vera, Jesús Jordán Marquina.

Análise geossistêmica para o planejamento territorial: bacia hidrográfica do Rio Cauamé-RR / Jesús Jordán Marquina Vera. – Boa Vista, 2025.

140 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Stelio Soares Tavares Junior.

Coorientadora: Profa. Dra. Luiza Câmara Beserra Neta.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Roraima. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT).

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Paisagem. 3. Geossistema. 4. Geoecologia. 5. Geoprocessamento. 6. Planejamento territorial. I. Título. II. Tavares Junior, Stelio Soares (orientador). III. Beserra Neta, Luiza Câmara (coorientadora).

CDU (2. ed.) 911.2(811.4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista (UFRR):
Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

Jesús Jordán Marquina Vera

**ANÁLISE GEOSISSTÊMICA PARA O PLANEJAMENTO
TERRITORIAL: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ-RR**

Tese apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Doutorado em Recursos Naturais (Ciências Ambientais) da Universidade Federal de Roraima, defendida em 7 de fevereiro de 2025 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
STELIO SOARES TAVARES JUNIOR
Data: 12/02/2025 13:18:23 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Stelio Soares Tavares Junior - UFRR

Orientador - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Documento assinado digitalmente
LUIZA CAMARA BESERRA NETA
Data: 11/02/2025 18:49:42 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Luiza Câmara Beserra Neta - UFRR

Coorientadora - Universidade Federal de Roraima/UFRR

Assinado por: **Antônio Alberto Teixeira Gomes**
Num. de Identificação: 08566782
Data: 2025.02.18 23:30:39+00'00'

Prof. Dr. Antônio Alberto Teixeira Gomes - FLUP/Portugal

Membro - Universidade de Porto/Portugal



Documento assinado digitalmente
VLADIMIR DE SOUZA
Data: 17/02/2025 11:14:44 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Vladimir de Souza - IGEO/UFRR

Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Documento assinado digitalmente
JOSE FRUTUOSO DO VALE JUNIOR
Data: 13/02/2025 09:49:10 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior - UFRR

Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Documento assinado digitalmente
ELIZETE CELESTINO HOLANDA
Data: 13/02/2025 14:26:57 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Elizete Celestino Holanda - PRONAT/UFRR

Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Documento assinado digitalmente
LUCIO KEURY ALMEIDA GALDINO
Data: 14/02/2025 09:11:07 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Lucio Keury Almeida Galdino - UERR

Membro - Universidade Estadual de Roraima/UERR

Dedico esta tese aos meus filhos Diego Jordan e David Luís Marquina. Desculpo-me aqui pelos muitos momentos em que estive ausente em suas vidas, em busca de sonhos e melhor vida para vocês. Em memória também para meus pais Yodarno Marquina e Enriqueta Vera, sempre presentes em meus pensamentos.

AGRADECIMENTOS

À Organização de Estados Americanos (OEA) e o Grupo de Cooperação Internacional de Universidades Brasileiras (GCUB), pela oportunidade de aberturas de vagas de estudos nas prestigiosas Universidades Brasileiras, para estudantes latino-americanos, uma experiência muito satisfatória.

À Universidade Federal de Roraima em especial ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais (PRONAT), que me abriram as portas desta instituição e os horizontes e onde toda a minha formação acadêmica foi realizada.

Agradeço muito a meus estimados professores orientadores, o Dr. Stelio Soares Tavares Junior e à Dra. Luiza Câmara Beserra Neta da UFRR, pela paciência, tempo, esforço e dedicação na revisão de todas as etapas deste trabalho. Sem vocês, não teria sido possível atingir os objetivos propostos, muito obrigado por acreditar em mim.

Um agradecimento muito especial aos professores: Marcos Vital, Reinaldo Imbrozio Barbosa, Pedro Pequeno, Vladimir de Souza, Marcia Falcão, Carolina Volkmer, Elizete Holanda e Gardênia Cabral, pelas aulas e orientações durante meu estágio na UFRR, muito obrigado para vocês também.

Também agradeço a ajuda e amizades de todos os meus colegas e amigos brasileiros nesta árdua jornada em PRONAT, como: Marquinhos D'Alencar, Olga Herculano, Daniel Hernández, Liliana Sousa, Mari Oliveira, Ana Caroline Sousa, Gilson Costa, Vêritha Pessoa, Ritta Cassia, Mariana Cunha e Maria do Céu e demais colegas do Curso 2020. Companheiros de estudos, vocês foram ótimos, compartilhamos bons momentos dentro e fora das aulas, muito obrigado.

Finalmente, a todos os funcionários e colegas do PRONAT/UFRR, guias e companheiros nessa árdua jornada.

RESUMO

O crescimento acelerado da população mundial representa um desafio significativo para o nosso planeta. Esta expansão demográfica, que se traduz em um aumento incessante da demanda por recursos, está gerando impactos profundos nas paisagens naturais, que são realmente preocupantes para o futuro e a conservação ambiental do planeta. As sociedades em geral, na busca por novos espaços para o desenvolvimento e aproveitamento de novas áreas de colonização com a exploração indiscriminada de recursos naturais (vegetação, solos, água, fauna, minerais, etc.), sem estratégias claras de uso e manejo adequado, estão ocasionando uma degradação acelerada, e em alguns casos, a perda dos mesmos. Acelerando processos como a desertificação, o aquecimento global, o desmatamento, a poluição, a perda de biodiversidade, entre outros, ocasionando sérios problemas futuros não apenas para as populações locais, mas também no nível mundial, sendo o ser humano o responsável por tudo isso. Por esses motivos, é importante o bom uso e manejo de todas as unidades de paisagens, sendo uma das preocupações dos governos e cientistas da área ambiental no mundo todo. O desenvolvimento sustentável é o principal objetivo da Organização das Nações Unidas (ONU), enquadrado em 17 objetivos prioritários, onde a preservação e conservação do meio ambiente são fundamentais para alcançar as metas nos próximos anos. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa foi realizar uma análise geossistêmica com fins de planejamento territorial na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), Estado de Roraima, Brasil, como unidade de análise, em uma escala semi-detalhada, com o intuito de preservação e uso adequado de seus recursos naturais. Formulando-se, como hipótese, se a degradação dos recursos naturais da BHRC é determinada pelas mudanças de uso da terra e das atividades econômicas, em contradição com suas fragilidades e potencialidades geoecológicas. Para este trabalho, foi utilizada a concepção epistemológica da teoria geossistêmica e o modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem). E como proposta metodológica, foi estruturado em quatro etapas, cada uma com procedimentos específicos, aplicando técnicas de Geoprocessamento, Levantamento em Campo e Estatísticas, começando com a análise espaço-temporal da paisagem em um período de 32 anos. Seguidamente, com a análise dos elementos espaciais físico-bióticos que compõem esta paisagem, sob a perspectiva da Geoecologia, com sua integração horizontal e vertical, e poder definir suas unidades geossistêmicas, que a caracterizam. Continuando com o diagnóstico socioambiental, aplicando o índice de naturalidade da paisagem (*Hemeroby Index*), definindo as áreas conforme o grau de intervenção antrópica, que requerem estratégias específicas de planejamento territorial. Por fim, foi elaborado um modelo cartográfico como proposta técnico-acadêmica onde se refletem os usos potenciais do solo, de acordo com suas características, potencialidades e fragilidade geoecológica, com estratégias de utilização dos recursos naturais de forma sustentável, possibilitando instituições, organizações públicas e privadas a gestão das atividades socioeconômicas e de preservação no âmbito da BHRC, contribuindo de alguma forma para a concretização dos objetivos de desenvolvimento sustentável nesta unidade territorial.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável; Paisagem; Geossistema; Geoecologia; Geoprocessamento; Planejamento Territorial.

RESUMEN

El crecimiento acelerado de la población mundial representa un desafío significativo para nuestro planeta. Esta expansión demográfica, que se traduce en un aumento incesante de la demanda de recursos, está generando impactos profundos en los paisajes naturales, realmente preocupante para el futuro y la conservación ambiental del planeta. Las sociedades en general, en la búsqueda de nuevos espacios para el desarrollo y aprovechamiento de nuevas áreas de colonización, con el aprovechamiento indiscriminado de recursos naturales (vegetación, suelos, agua, fauna, minerales, etc), sin estrategias claras de uso y manejo adecuado, están ocasionando una acelerada degradación y en algunos casos la pérdida de los mismos. Acelerando procesos como la desertificación, el calentamiento ambiental, la deforestación, la contaminación, la pérdida de biodiversidad, entre otros, ocasionando graves problemas a futuro, no solo de las poblaciones locales, sino también a nivel mundial, siendo el ser humano el causante de todo eso. Por estos motivos es importante el buen uso y manejo de todas las unidades de paisajes, y es una de las preocupaciones de los gobiernos y científicos del área ambiental de todo el mundo. El desarrollo sustentable es el principal objetivo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), enmarcado en 17 objetivos prioritarios, en donde la preservación y conservación del ambiente es fundamental para alcanzar las metas en los próximos años. Por tanto, el objetivo principal de esta investigación fue realizar un análisis geosistémico con fines de planificación territorial en la Cuenca Hidrográfica de Rio Cauamé (CHRC), Estado de Roraima, Brasil, como unidad de análisis, a una escala semidetallada, con fines de preservación y uso adecuado de sus recursos naturales. Formulándose, como hipótesis, si la degradación de los recursos naturales de la CHRC es determinada por los cambios de usos de la tierra y de actividades económicas, en contradicción con sus fragilidades y potencialidades geoecológicas. En este trabajo se usó la concepción epistemológica de la teoría geosistémica y el modelo GTP (Geo-sistema-Territorio-Paisaje). Y como propuesta metodológica, fueron diseñadas cuatro etapas, cada una con procedimientos específicos, aplicando técnicas de Geoprocesamiento, Levantamiento en Campo y Estadísticas. Iniciando con el análisis espacio-temporal del paisaje en un periodo de 32 años. Seguidamente, con el análisis de los elementos espaciales físico-bióticos que conforman este paisaje, desde la perspectiva de la Geoecología, con su integración horizontal y vertical, y poder definir sus unidades geosistémicas que lo caracterizan. Continuando, con el diagnóstico socioambiental, aplicando el índice de naturalidad del paisaje (*Hemeroby Index*), definiendo las áreas según el grado de intervención antrópica, que ameritan estrategias específicas de planificación territorial. Finalmente, se realizó un modelo cartográfico como propuesta técnico-académica, donde son reflejados los usos potenciales de la tierra, según sus características, potencialidades y fragilidades geo-ecológicas, con estrategias de usos de recursos naturales de manera sustentable, posibilitando a las instituciones científicas, organizaciones públicas y privadas la gestión de actividades socioeconómicas y de preservación dentro de la CHRC, contribuyendo de alguna manera a alcanzar los objetivos del desarrollo sustentable en esta unidad territorial.

Palabras Claves: Desarrollo Sustentable; Paisaje; Geosistema; Geoecología, Geoprocesamiento; Planificación Territorial.

ABSTRACT

The rapid growth of the global population represents a significant challenge for our planet. This demographic expansion, which translates into an incessant increase in the demand for resources, is generating a profound impact on natural landscapes, truly concerning for the future and environmental conservation of the planet. Societies in general, in the search for new spaces for development and the exploitation of new areas for colonization, with the indiscriminate use of natural resources (vegetation, soils, water, fauna, minerals, etc.), without clear strategies for proper use and management, are causing accelerated degradation and in some cases, the loss of these resources. The accelerate processes such as desertification, environmental warming, deforestation, pollution, and loss of biodiversity, among others, are causing serious problems for the future, not only for local populations but also on a global scale, with humans being the cause of all this. For these reasons, the proper use and management of all landscape units is important, and it is one of the concerns of governments and environmental scientists around the world. Sustainable development is the main objective of the United Nations (UN), framed within 17 priority goals, where the preservation and conservation of the environment is essential to achieve the targets in the coming years. Therefore, the main objective of this research was to conduct a geosystemic analysis for territorial planning in the *Cauamé* River Watershed, State of Roraima, Brazil, as the unit of analysis, at a semi-detailed scale, for the purposes of preservation and appropriate use of its natural resources. Formulating, as a hypothesis, whether the degradation of natural resources in the watershed is determined by changes in land use and economic activities, in contradiction to its geoecological fragilities and potentialities. In this work, the epistemological conception of geosystem theory and the GTP model were used. (Geosystem-Territory-Landscape). As a methodological proposal, four stages were made, each with specific procedures, applying techniques of Geoprocessing, Field Surveying, and Statistics. Starting with the spatial-temporal analysis of the landscape over a period of 32 years. Next, with the analysis of the physical-biotic spatial elements that make up this landscape, from the perspective of Geoecology, with its horizontal and vertical integration, we aim to define the geosystemic units that characterize it. Continuing with the socio-environmental diagnosis, applying the landscape naturalness index (Hemeroby Index), defining areas according to the degree of anthropogenic intervention that require specific territorial planning strategies. Finally, a cartographic model was created as a technical-academic proposal, reflecting the potential land uses based on their characteristics, potentialities, and geoecological vulnerabilities, with strategies for the sustainable use of natural resources. This enables scientific institutions, public and private organizations to manage socio-economic activities and preservation efforts within the watershed, contributing in some way to achieving the sustainable development goals in this territorial unit.

Keywords: Sustainable Development; Landscape; Geosystem; Geoecology; Geoprocessing; Territorial Planning.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 ARTIGO 1- O ABORDAGEM GEOSISTEMICO NO ANALISE INTEGRAL DA PAISAGEM NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.....	17
3 ARTIGO 2- O ESTUDO DA PAISAGEM NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA BASEADA NO MODELO GTP.....	36
4 ARTIGO 3- DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS MUDANÇAS DAS COBERTURAS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ (1988-2023), ESTADO DE RORAIMA, BRASIL.....	59
5 ARTIGO 4- HETEROGENEIDADES DA PAISAGEM NA DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOCOMPLEXAS NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ, RR, BRASIL.....	82
6 ARTIGO 5- ÍNDICE HEMERÓBICO DA PAISAGEM COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL E PLANEJAMENTO TERRITORIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAME, RORAIMA, BRASIL.....	102
7 PROPOSTAS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM, NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAME (BHRC), RR-BRASIL.....	125
8 CONCLUSÕES.....	136
9 REFERÊNCIAS.....	138

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental e a poluição ocorrem há séculos por meio da civilização, e os motivos são vários, como a falsa crença da eterna renovação dos recursos naturais, o desconhecimento dos potenciais riscos desses eventos ou meramente a prioridade de interesses políticos e econômicos do Estado e dos setores produtivos; só após o advento de estudos pioneiros (como o Clube de Roma, em 1968) ou das primeiras conferências mundiais sobre meio ambiente (como a de Estocolmo, em 1972) começou-se a perceber a real situação do planeta e o seu pleno deterioramento por meio do caos econômico, social e ambiental, vértices principais a serem trabalhados para um desenvolvimento mais sustentável (BARBOSA, 2014).

O desenvolvimento sustentável baseia-se na definição proposta pelo Relatório Brundtland e na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio 92, que a define “como o processo capaz de satisfazer as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as necessidades dele”. Ou seja, o conceito envolve as dimensões que vinculam eficiência econômica, equidade social e conservação ambiental, bases do desenvolvimento sustentável. E segundo a ONU (2023), no informe dos objetivos do desenvolvimento sustentável, o objetivo “6” descreve assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, sendo um ponto importante proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos, e o objetivo “15” visa conservar a vida nos ecossistemas terrestres. Procura proteger e restaurar os ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e deter a perda de biodiversidade. Mais de 100 milhões de hectares de terras saudáveis e produtivas foram degradadas anualmente entre 2015 e 2019, afetando a vida de 1,3 mil milhões de pessoas, questões que devem ser tomadas em conta na hora de fazer propostas de planeamento territorial.

Desde a perspectiva do planeamento territorial para o desenvolvimento sustentável, pode-se conceituar como o “processo de mudança social e elevação das oportunidades da sociedade, compatibilizando, no tempo e no espaço, o crescimento econômico e eficiência, conservação ambiental, qualidade de vida e equidade social, com base em um compromisso claro com o futuro e a solidariedade entre gerações” (BUARQUE, 1994, p. 3). Sendo o zoneamento territorial um instrumento valioso para a gestão de recursos naturais.

O zoneamento ambiental consiste em um instrumento de subsídio ao ordenamento territorial, sendo usado para obtenção de resultados menos nocivos ao manejo das unidades de paisagem. “No sentido etimológico, zonear significa separar, dividir em zonas” (SANTOS; ARAÚJO, 2016, p. 51), apontando usos da terra diferenciados para cada uma dentro de uma unidade territorial específica.

Porém, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e tem rebatimento no ordenamento territorial rural, conforme o decreto Nº 4.297/2002, que regulamenta o Artigo 9º da Lei Nº 6.938/81. O ZEE define medidas e padrões de proteção ambiental no sentido de garantir a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo, assim como a conservação da biodiversidade, no intuito de promover o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (MRD/SMDRU, 2022, p. 988).

Então, a melhor unidade territorial para planejamento dos recursos naturais (vegetação, solos, minerais, clima, fauna e água) são as bacias hidrográficas. As organizações das atividades produtivas, dos espaços de conservação ambiental, dos equipamentos e de suas tendências devem considerar a bacia hidrográfica (DI MAURO et al., 2017, p. 1). As bacias hidrográficas surgem como unidades funcionais, com expressividade espacial, sendo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução sob a perspectiva de funcionalidades integrativas entre as características do geossistema e do sistema socioeconômico. As bacias hidrográficas tornam-se as unidades fundamentais para a mensuração dos indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 173).

As bacias hidrográficas, recebem energias do clima e tectônicas locais, com constantes ajustes nos elementos das formas e processos associados, possuindo um papel fundamental na evolução do relevo, e que as correntezas d'água constituem importantes modificadores da paisagem, permitindo uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. A bacia é considerada como um todo, como um sistema ambiental, com relações entre os componentes naturais e socioeconômicos que se manifestam de maneira complexa, com capacidades de auto-organização e auto regulação, até certo limite, em dependência das ações antrópicas que se exerçam sobre os geossistemas (CUNHA; GUERRA, 1999, RODRIGUEZ; DA SILVA; LEAL, 2011, p. 112).

A Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), no Estado de Roraima, tem dois vetores: as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades dos ambientes naturais em função das interferências possíveis que as tecnologias cada vez mais desenvolvidas permitem.

Esses dois vetores servem de parâmetros para nortear aquilo que se define como planejamento territorial, aplicando-se à gestão (administração) dos geossistemas contidos na bacia. Para cada ambiente natural, é possível e desejável o desenvolvimento de atividades produtivas, que sejam compatíveis com suas potencialidades, de um lado, e com suas fragilidades ambientais, de outro (ROSS, 2006, p. 61). E que esse planejamento territorial em base a suas características ambientais constitui o melhor método para evitar não só a degradação dos recursos naturais da bacia. Além disso, as medidas de controle do escoamento das águas superficiais, de proteção de vegetação, de disciplinamento da ocupação do solo e de controle da erosão têm reflexos na proteção dos recursos hídricos, tanto quantitativamente como qualitativamente (RODRIGUEZ; DA SILVA; LEAL, 2012, p 115).

O problema principal que enfrenta a BHRC é a degradação permanente das unidades geossistêmicas, produto das intervenções antrópicas nas últimas décadas, causando vários impactos ambientais (VERA; TAVARES JÚNIOR; BESERRA NETA, 2023). Causado pelo crescimento da urbanização; o aumento da atividade agrícola e pecuária; a exploração de recursos minerais e o desmatamento da cobertura vegetal original, resultando na perda da biodiversidade e de material genético; esgotamento da qualidade do solo e desertificação; diminuição da quantidade e qualidade das águas (superficiais e subterrâneas); mudanças no clima local e na contribuição para o aquecimento global.

A BHRC não tem um instrumento base para um possível planejamento ambiental, numa escala adequada e detalhada, mesmo da existência do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Roraima (2023), depois de cuidadosamente revisado, apresenta algumas inconsistências quanto aos usos propostos dentro da BHRC, pois não inclui alguns geossistemas que deveriam ser preservados, por exemplo, relíquias florestais e matas ciliares, além de áreas com fragilidade ecológica, como savanas e nascentes de água dos igarapés que conformam a rede hidrográfica do Rio Cauamé.

Por tanto, a abordagem teórica desta pesquisa está baseada na Teoria Geossistêmica de Sochava (1978) e no modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem) de Claude e George Berthand (2002), como também estas abordagens estão inseridas em Geoecologia da Paisagem, onde primeiro passa por uma análise espaço-temporal das dinâmicas socio territoriais na bacia, segundo passa por uma caracterização dos elementos físico-bióticos da estrutura da paisagem, e posteriormente com o diagnostico socioambiental das degradações ambientais que a bacia está sendo impactada na atualidade, e finalmente as propostas de usos da terra para um possível ordenamento territorial com suas respectivas recomendações, todo numa escala adequada de

levantamento, cada um destes procedimentos estão amplamente descritos nos artigos que estruturam esta tese.

Visando ampliar a disseminação do conhecimento, inclusive agilizando a elaboração da tese, bem como o processo de avaliação pelos membros da banca examinadora, o Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima (PRONAT-UFRR) permite que o discente apresente a tese no formato compacto, a partir dos artigos produzidos (publicados e em avaliação), conforme as normas para apresentação de trabalhos técnico-científicos da UFRR, aprovada pela Resolução n.º 08/2017-CEPE/UFRR (UFRR, 2017). Portanto, esta tese é formada por cinco (5) artigos, os quais estão organizados seguindo a sequência do referencial teórico e metodológico e dos objetivos específicos, proporcionando uma melhor compreensão. Após cada artigo publicado, estão dispostas as normas para submissão de cada revista científica à qual o artigo foi submetido, conforme estabelece a referida resolução.

O primeiro artigo, intitulado **“A abordagem geossistêmica na análise integral da paisagem no planejamento territorial”**, teve o alvo de sintetizar os fundamentos teóricos e epistemológicos desta pesquisa, baixo a teoria da paisagem, a teoria geossistêmica, e suas implementações com o Geoprocessamento. Este artigo foi publicado na Revista Geográfica Venezolana (ULA), v. 64, n. 2, 2023. Qualis Capes B3 (2017-2020) na área de Ciências Ambientais. Nesta pesquisa, concluiu-se que, a análise de um determinado território com uma abordagem geossistêmica, para um possível planejamento territorial, é considerada um trabalho de pensamento e um exercício intelectual, orientado para a melhoria e aproveitamento da paisagem, da forma mais racional possível, sendo importante pensar sobre instrumentalizando ações práticas na superfície terrestre, por meio do planejamento territorial.

O segundo artigo, intitulado **“O Estudo da paisagem no planejamento territorial: uma abordagem metodológica baseada no modelo GTP”**, neste artigo foram estruturados os procedimentos metodológicos da pesquisa, onde se explica passo a passo os procedimentos que estruturam a tese, com suas bases teórico-conceituais. Este artigo foi publicado na Revista Acta Geográfica da UFRR, v. 18, n. 50, set.-dez. 2024, Qualis Capes A2 (2017-2020) na área de Ciências Ambientais. Nesta pesquisa, concluiu-se demonstrar uma síntese dos conceitos que estruturam o modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem), bem como fornecer uma abordagem metodológica, com base neste modelo, nos futuros estudos da paisagem, como fontes de informações essenciais no planejamento e gestão territorial dos recursos naturais.

O terceiro artigo foi intitulado **“Dinâmica espacial e temporal das mudanças das coberturas da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (1988-2023), Estado de**

Roraima, Brasil”, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica espaço-temporal das mudanças na cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, Roraima, Brasil, para os anos de 1988, 2003 e 2023, com técnicas de Geoprocessamento com imagens *Landsat*, estimando as áreas que foram afetadas por atividades antrópicas nesse período, analisando também os fatores que estão influenciando essas mudanças. Este artigo foi publicado na Revista MERCATOR, Fortaleza, v. 22, e22028, 2023, Qualis Capes A1 (2017-2020) na área de Ciências Ambientais. Como resultados, obteve-se a presença de um forte processo de mudança, principalmente as coberturas de savana, substituídas por cultivos e edificações. As savanas ocupavam 72,27% da área total em 1988, diminuindo em 2023 em 60,47% da área total, com uma perda de 37.556 ha. Finalmente, afirma-se que as mudanças na cobertura, os processos de desmatamento e a remoção extensiva da cobertura de savana são produtos de atividades antrópicas, devido à pressão que a população está exercendo dentro e fora da área da bacia.

O quarto artigo foi intitulado “**Heterogeneidades da paisagem na definição de unidades geocomplexas na região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, RR, Brasil**”. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma caracterização semi-detalhada dos elementos físico-bióticos, com a delimitação de unidades geocomplexas, através da definição de seus níveis de heterogeneidade paisagística e análise de sua estrutura horizontal e vertical. Este artigo foi submetido na Revista Boletim Goiano de Geografia, Qualis Capes A2 (2017 – 2020), na área de Ciências Ambientais. Como resultados destaca a caracterização dos elementos da paisagem, na integração dos mesmos em estruturas horizontais e a definição das unidades geocomplexas que estruturam a paisagem, como meio auxiliar ao planejamento territorial e conservação dos recursos naturais da região da BHRC, no estado de Roraima, Brasil.

O quinto artigo foi intitulado “**Índice hemeróbico da paisagem como ferramenta para o diagnóstico socioambiental e planejamento territorial na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, Roraima, Brasil**”. O objetivo deste artigo foi gerar um diagnóstico socioambiental coerente aplicando o índice hemeróbico da paisagem (*Hemeroby Index*), permitindo identificar e avaliar os impactos ambientais nas unidades de paisagem, através de técnicas de Geoprocessamento, identificando-se áreas afetadas pelas atividades antrópicas em seus diferentes níveis de intervenção. Este artigo foi submetido e aceito para publicação em janeiro de 2025, na revista Caminhos da Geografia (UFU), Qualis Capes A1 (2017-2020), em Ciências Ambientais. Os resultados consistiram na identificação e cálculo das áreas submetidas a diferentes usos da terra, com seus respectivos níveis de impacto ambiental, e o índice hemeróbico geral da paisagem para toda a BHRC. A cartografia definiu níveis hierárquicos, que possibilitam a seleção de áreas críticas para intervenções de mitigação, recuperação,

reabilitação e conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé. Mostrando-se a viabilidade de execução do cálculo do índice hemeróbico da paisagem no diagnóstico socioambiental para um planejamento territorial.

Para atingir o último objetivo da pesquisa, que são as propostas e opções de usos da terra, elaborou-se um último capítulo seguindo as orientações gerais do ZEE-RR (2023), as leis em matéria ambiental e os resultados do Diagnóstico Socioambiental desta pesquisa. Como resultados, foram selecionados os melhores usos potenciais da terra no futuro próximo, como uma proposta de planejamento territorial numa escala mais detalhada, melhorando a precisão espacial, sem afeitar ou entrar em contradição com as diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico de Roraima (ZEE-RR, 2023), identificando e mapeando áreas que emérita sua conservação e manejos socioeconômicos sustentáveis. As propostas de planejamento territorial foram produto de um esforço científico-técnico-acadêmico à maneira de encerramento final deste árduo trabalho de tese apresentada ante o Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (Recursos Naturais) da UFRR.

2 ARTIGO 1- A ABORDAGEM GEOSISTEMICA NO ANALISE INTEGRAL DA PAISAGEM NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Publicado na Revista Geográfica Venezolana (ULA), v. 64, n. 2, 2023. Qualis Capes B3 (2017-2020, em Ciências Ambientais). Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.53766/RGV>

El abordaje geosistémico en el análisis integral del paisaje y la planificación territorial.

The geosystemic approach in the integral analysis of the landscape and territorial planning

Marquina Vera, Jesús Jordán¹

1 Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. Departamento de Cartografía, Mérida, Venezuela.

Jordanmarquina106@gmail.com

Marquina Vera Jesús Jordán: <http://orcid.org/0000-002-3248-8325>

Tavares Junior Stélio Soares²

2 Universidade Federal de Roraima. Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais/PRONAT, Boa Vista, Brasil.

Stelio.tavares@ufrr.br

Tavares Junior Stélio Soares: <http://orcid.org/0000-0001-7649-2994>

Resumen

Una de las principales preocupaciones de la Geografía, es poder analizar porciones de la superficie terrestre en forma integral y holística, que, desde el transcurso de su historia y evolución, estas porciones han sido examinadas bajo enfoques y conceptos separados e independientes entre sí, tanto desde el punto de vista eminentemente físico-bióticos o sociocultural, apartando al subsistema humano de los subsistemas naturales. El propósito del trabajo es analizar la evolución de las categorías de análisis espacial desde una óptica conceptual y metodológica resumiendo de forma simple y precisa, el origen de los conceptos de Paisaje, Geosistema y Territorio, y cómo los mismos pueden ser trabajados de manera conjunta para estudios ambientales, aplicando el modelo GTP, como propuesta fundamental en los estudios espacio-temporales integrales del paisaje, revelando sus estructuras, fragilidades y potencialidades, siendo delimitados cartográficamente, aplicando técnicas de geoprocementamiento, con fines de planificación territorial y gestión ambiental.

Palabras clave: modelo GTP; estructuras territoriales; geoecología; geoprocementamiento; gestión ambiental.

Resumo

Uma das principais preocupações da Geografia é poder analisar porções da superfície terrestre de forma integral e holística que, desde o curso de sua história e evolução, têm sido examinadas sob enfoques e conceitos separados e independentes, tanto do ponto de vista eminentemente físico-biótico quanto sociocultural, separando o subsistema humano dos subsistemas naturais. O objetivo deste artigo é analisar a evolução das categorias de análise espacial sob uma perspectiva conceitual e metodológica, sintetizando, de forma simples e precisa, a origem dos conceitos de Paisagem, Geossistema e Território, e como eles podem ser trabalhados em conjunto para pesquisas ambientais, aplicando o modelo GTP, como proposta fundamental nos estudos espaço-temporais integrais da paisagem, revelando suas estruturas, fragilidades e potencialidades, sendo delimitados cartograficamente, aplicando técnicas de geoprocessamento, para fins de planejamento territorial e gestão ambiental.

Palavras-Chave: modelo GTP; estruturas territoriais; geoecologia; geoprocessamento; gestão ambiental.

Abstract

One of the main concerns of Geography, is to be able to analyse portions of the earth's surface in an integral and holistic way, that since the course of its history and evolution, these portions have been examined under separate and independent approaches and concepts, both from the eminently physical-biotic or sociocultural point of view, separating the human subsystem from the natural subsystems. The purpose of the work is to analyse the evolution of the categories of spatial analysis from a conceptual and methodological point of view, summarizing in a simple and precise way, the origin of the concepts of Landscape, Geosystem and Territory, and how they can be worked together to environmental studies, applying the GTP model, as a fundamental proposal in comprehensive spatial-temporal studies of the landscape, revealing its structures, weaknesses and potentialities, being cartographically delimited, applying geoprocessing techniques, for territorial planning and environmental management purposes.

Keywords: GTP model; territorial structure; geoecology; geoprocessing; environmental management.

1. Introducción

La ciencia geográfica desde un principio, siempre se ha preocupado en poder dividir la superficie terrestre en unidades diferenciables, cuyas características, recursos naturales y fragilidades puedan ser descritos en un contexto bien definido y delimitado (Rodríguez *et al.*, 2012). Como consecuencia de eso, en el transcurso de su evolución histórica se formularon varios conceptos, enfoques teóricos y metodológicos para el análisis de esas unidades en la superficie terrestre. Por lo tanto, en esta investigación fueron seleccionados los conceptos de Paisaje, Geosistema y Territorio en los análisis integrales del medio ambiente, elementos fundamentales en la planificación y la gestión territorial.

En el contexto internacional, y su larga historia de revoluciones epistemológicas, los conceptos de: Paisajes, Geosistema y Territorio, han sido considerados como punto de partida fundamental en la formación de ideas y procedimientos para los estudios del medio ambiente, con el objetivo de planificación territorial y gestión ambiental (Christofolletti, 1999; Rodríguez *et al.*, 2012; Frolova, 2018; Souza *et al.*, 2021).

En virtud de esas premisas en esta investigación, es primordial esclarecer el concepto de paisaje y su interpretación geosistémica en un territorio (fundamentación teórica), y como estos conceptos están estrechamente relacionados para formar la posterior base metodológica del modelo GTP (Geosistema-Territorio-Paisaje), como abordaje principal de esta investigación y propuesta de integrar los conceptos, ya existentes, como fundamentos en los estudios integrales del paisaje, relacionados también, con el uso de técnicas de Geoprocesamiento en los análisis espacio-temporales, con sus estructuras territoriales (horizontales y verticales), con fines de planificación y el ordenamiento territorial, donde los análisis espaciales debe ser integrados y holísticos.

2. El origen del concepto del paisaje

Con el nacimiento de la geografía académica en el siglo XIX, surgieron dos importantes corrientes de pensamiento: la naturalista por Alexander Humboldt (1769-1859), y la antropogénica de Friedrich Ratzel (1844-1904), siendo Humboldt quien implementó las bases de esta primera corriente, llevando al “*pensamiento de la existencia de la naturaleza como una totalidad que irrumpe en el Cosmos*”, creando una Geografía, como una nueva disciplina para la descripción física del globo de carácter físico – natural (Figueiró, 2011: 17).

Dentro de esa corriente naturalista el concepto de paisaje fue propuesto entre geógrafos alemanes y después se difundió entre teóricos de lengua inglesa, teniendo o no relación con la Geografía (Castro, 2009). El alemán A. Humboldt consideraba el paisaje “como un conjunto de facciones morfológicas, fito-fisionómicas, topográficas, hídricas y geológicas, en las cuales, el hombre actuaba como un simple interventor de la imponente naturaleza” (Aldamir, 2009).

Por otro lado, su coterráneo F. Ratzel fundador de la antropogeografía fue un poco más adelante al incluir al ser humano en los estudios geográficos. Con todo y eso, su Geografía consistía en la influencia que la naturaleza ejercía sobre el hombre, y es contemplada como complejos fisionómicos que se proyectan sobre una realidad armónica, el paisaje se identifica con la región y es considerado como una expresión visual (Valcárcel, 2000).

Otra importante contribución fue la del francés Paul Vidal de la Blanche (1845-1918), quien le interesaba el resultado de la acción humana sobre el paisaje. Durante millones de años, el ser humano se adaptó a los diferentes lugares del planeta, creando un relacionamiento constante con la naturaleza, desarrollando una serie de técnicas, hábitos, usos y costumbres (géneros de vida), que le permitieron usar los recursos naturales disponibles; de esta manera, es que el ser humano conseguiría sobrevivir y evolucionar socioculturalmente en un determinado medio natural, que en cierta medida dominase y transformase para su propio bienestar (Aldamir, 2009).

A principios del siglo XX, fue el geógrafo-edafólogo Vasily Dokuchaev (1840-1903), en la Europa Oriental, específicamente en Rusia, quien estableció el análisis integrado de un territorio. Ese enfoque surgió como propuesta a los desafíos que él enfrentaba en sus análisis de suelos, proponiendo una teoría revolucionaria que consideraba “*al suelo como un cuerpo independiente, que se desarrollaba en el proceso de integración entre los componentes abióticos y bióticos en una unidad espacial, que también es influenciado por la actividad humana*” (Dokuchaev, 1883, citado por Frolova, 2018: 1487). Siendo considerado, por

establecer las bases de la ciencia del suelo y de la ciencia del paisaje, que sería más tarde llamada por Victor Sochava (1978) de estudios de Geosistemas.

En otro contexto, con el surgimiento de la geografía cultural americana, en los años 1920, el geógrafo alemán Carl Sauer (1889-1975), en su libro *The morphology of landscape*, influenciado por la antropología norte americana (Aldamir, 2009), apunta al paisaje (*Landshaft*) como un concepto clave en la concepción geográfica alemana, siendo identificado como: “*El objeto de la geografía, de acuerdo con el interés cultural, científico, estético y de visión del mundo, hablando de un paisaje primitivo (Urlandschaft), de un paisaje natural (Naturalandschaft) y de un paisaje cultural (Kulturalandschaft) como manifestaciones en marcos de comprensión del paisaje, siendo una línea de pensamiento que dominó hasta finales del siglo XIX y mediados del siglo XX*” (Valcárcel, 2000: 350).

Por otra parte, Metzger (2001: 4) propone una visión integradora del concepto de paisaje como, “*un mosaico heterogéneo formado por unidades interactivas, siendo esta heterogeneidad existente por lo menos de un factor, segundo un observador y en una escala de observación*”. Refiriéndose a la Geoecología como la disciplina que estudia el paisaje, como una combinación de un análisis espacial de la geografía, con un estudio funcional de la ecología, cuya problemática central, sería el efecto de la estructura del paisaje en los procesos ecológicos, los cuales involucran la expansión urbana y la fragmentación de hábitats naturales.

Corrientes actuales de la geografía tienden a no distinguir entre paisajes naturales y culturales, sino ver a la naturaleza como un producto de la acción humana (no solamente como medio donde los hombres actúan) y el paisaje como un *continuun* espacial. Conforme explica Bertrand (2004), el paisaje se define como: “*una determinada porción del espacio, resultado de la combinación dinámica, por tanto, inestable, de elementos físicos, biológicos y antrópicos, que reaccionan dialécticamente unos sobre otros, haciendo del paisaje un conjunto único e indisociable, en perpetua evolución*” (Bertrand, 2004: 141).

De esta manera, el autor interpreta, que una teoría geográfica para los estudios del paisaje debe presentar esa triple alianza entre los elementos físicos (relieve, suelos, clima e hidrología), biológicos (vegetación y fauna) y las acciones humanas (socioeconómicas), en una relación sistémica entre los mismos elementos. Por lo tanto, la identificación de unidades de paisajes con características homogéneas permitirá evaluar y analizar mejor, los posibles impactos antrópicos en un territorio.

3. La Teoría Geosistémica como abordaje en los estudios del paisaje

La comprensión mayor y más completa sobre el medio natural por la humanidad fue obtenida con el empleo de los principios de la Teoría General de Sistemas desarrollada por el austriaco Ludwig Von Bertalanffy (1901 – 1977), este autor sostiene que *“las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes”* (Bertalanffy, 1969: 56).

Entonces a partir de esta concepción Viktor Borísovich Sochava (1905 – 1978), formuló la Teoría de Geosistemas, una contribución original, para los estudios integrados geo-ecológicos de los recursos naturales sobre una base territorial (Frolova, 2018). Esta teoría fue publicada en 1978, en el libro *Introducción a la Teoría de los Geosistemas*. Esta nueva concepción garantizó las informaciones sobre la idea del medio geográfico, entendido como un sistema jerárquico, que tiene una integridad y también está dividido en integridades subordinadas.

Una de las principales propuestas del trabajo de Sochava (1978) es: *“considerar que el planeta Tierra está compuesto por una gran variedad de elementos estructurales, que imprimen una organización jerárquica entre los elementos que lo componen, de su estructura participan geosistemas naturales de variadas escalas de orden espacio – temporales, desde las formaciones mayores y más antiguas, tales como continentes y océanos, y hasta las menores y susceptibles a ser transformadas, como puede ser un cordón arenoso. Desde las unidades menores hasta las mayores, constituyen un sistema de taxones de escalas diversas, que justamente, dan lugar a una jerarquía geosistémica natural”* (Sochava, 1978, citado por Rodríguez y Silva, 2019: 59).

Entonces, este abordaje geosistémico ofrece una mayor importancia en los análisis simultáneos entre diferentes escalas (multi-escalar) de observación, y cada geosistema tiene que ser analizado, tanto de manera horizontal (entre todos sus componentes “geo-facies”), como también de manera vertical (sus relaciones funcionales “geo-horizontes”), incorporando también el tiempo como dimensión y los sistemas socioculturales y técnicos como componentes del paisaje (Figura 1). Este abordaje se tornó relevante en los estudios integrados del paisaje a partir de 1980 hasta la actualidad (Frolova, 2018).

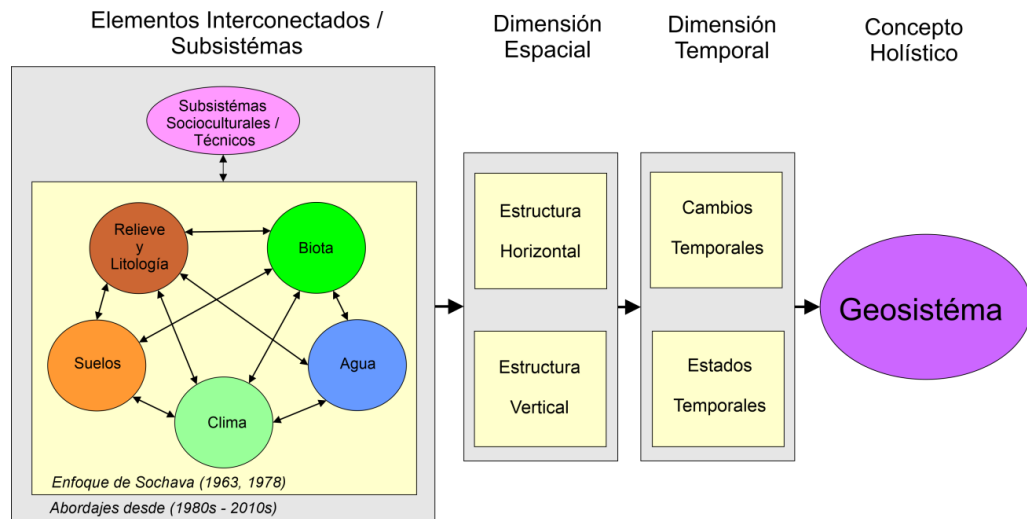


Figura 1 Abordaje Geosistémico de V. Sochava (1963-1978)

Fuente: Frolova, 2018 (Modificado)

Sochava (1978, citado por Rodríguez y Silva, 2019: 23) interpreta los espacios o paisajes desde un punto de vista geosistémico, considerándolos como: *“el espacio terrestre en todas sus dimensiones se encuentra en una relación sistémica, unos con otros, y como integridad, interactúan con la esfera cósmica y con la sociedad humana”*,

El concepto de geosistema es más significativo que el vocabulario propuesto de sistemas naturales, porque al tener un fundamento natural, el geosistema incluye en sí, aquellas transformaciones creadas por los factores económicos y sociales, constituyéndose un producto de los procesos geográficos contemporáneos que se desarrollan en las esferas geográficas o del paisaje. Dentro de las características del Geosistema tenemos: *“su morfología, por ejemplo, su estructura espacial, tanto vertical (geo-horizontes) y horizontales (geo-facies). Su dinámica, que envuelve todo el conjunto de transformaciones, como energía solar o gravitacional, el ciclo del agua, los bio-ciclos, las corrientes de aire y los procesos geomorfológicos. Los cambios particulares en su funcionamiento. En otras palabras, un análisis de los cambios en el estado que están afectando el Geosistema dentro de una secuencia particular de tiempo”* (Beroutchashvili y Bertrand, 1978: 171).

Los trabajos de Sochava corresponden a la etapa geosistémica naturalista en el desarrollo de la ciencia del paisaje, que se inició después de la Segunda Guerra Mundial. Su difusión traspasó las fronteras del mundo socialista y llegó a otros países de Europa, además de Canadá y Australia (Frolova, 2018).

Siendo así, el paradigma sistémico abrió la posibilidad de re-examinar los fundamentos lógicos sobre la ciencia del paisaje, limitando claramente las tareas de la Geografía y sus disciplinas auxiliar, siendo la Teoría Geosistémica, uno de los abordajes fundamentales

de la ciencia aplicada en los últimos tiempos y de los futuros análisis geográficos, enfocándose en los principios y métodos de las transformaciones de la superficie terrestre, en la dirección que es necesaria para la humanidad, constituyendo una fuerza motriz para los futuros saltos económicos y sociales en todo el mundo.

4. El concepto de Territorio

Actualmente, el termino territorio es contemplado en diversas investigaciones y abordajes, y es uno de los conceptos más utilizados en Geografía, pues está íntimamente ligado a los sistemas de formación y transformación del paisaje, siendo muy cambiante dependiendo de la corriente de pensamiento o del enfoque que se le dé al mismo (Machado y Moura, 2019).

Entendiéndose como territorio, a una *“práctica de carácter social, de naturaleza predominantemente política o socioeconómica. El elemento que los distingue es la presencia de un límite, de un borde o frontera, establecido y reconocido, vinculado entre los grupos sociales y un fragmento del espacio terrestre, [...] donde cada grupo humano, con cierta estabilidad, se define por cierta extensión, identificada como propia, siendo reconocida o disputada, por otros grupos humanos”* (Valcárcel, 2000: 526-527).

Las unidades territoriales, por lo general son delimitadas a partir de una expresión de poder, de carácter multiescalar. Pero en algunos casos no tiene una naturaleza política, religiosa o cultural, pudiendo ser también delimitadas por condiciones naturales (climáticas, edáficas, geológicas o florísticas), siendo sus fronteras tangibles o intangibles. Y que en la práctica una unidad de paisaje puede contener una o varias demarcaciones territoriales implícitas.

5. El modelo GTP (Geosistema-Territorio-Paisaje) como propuesta integrada para el análisis del paisaje.

El francés George Bertrand inicio sus investigaciones en la década de 1950, cuando la Geografía en muchos países estaba perdiendo su carácter integrador y no proponía métodos específicos e integrales para los estudios ambientales. Ante tal situación, se enfocó en la búsqueda de un nuevo concepto que pudiese recuperar el papel de la geografía en los estudios del medio ambiente, se inspiró en la ecología norte americana, en la *“Landschaftskunde”* alemana, en la Teoría de Sistemas, en la Teoría de Conjuntos y el concepto de Geosistema de Sochava.

En 1968 Bertrand propone una metodología propia para el estudio geográfico del ambiente, sobre la base del concepto de geosistema. Aunque el término y algunos de sus principales elementos sean prestados del modelo cuantitativo - naturalista soviético (V.

Sochava & A. Isachenko), Bertrand adaptó el concepto de geosistema a una realidad diferente a los países de Europa Occidental, simplificándolo y proponiendo un modelo bastante cualitativo y humanizado, enriqueciéndolo con la dimensión antrópica y cultural (Bertrand, 1968; Berouthchachvili y Bertrand, 1978; Frolova y Bertrand, 2003).

Por lo tanto, Claude y George Bertrand (2002) generaron un concepto tridimensional para el estudio del medio ambiente, denominándolo como Modelo GTP, es decir: Geosistema (“dimensión antrópica de un concepto naturalista”), Territorio (“dimensión naturalista de un concepto social”), y Paisaje (“dimensión cultural de la naturaleza”). En este modelo, el ambiente es considerado como una noción muy rica y compleja para ser entendida globalmente de una forma única, a partir de una investigación construida en torno a un solo concepto y a un único método.

Por lo tanto, para generar los cuadros de investigación del medio ambiente y elaborar un problema ambiental coherente, Claude y George Bertrand propusieron un sistema común de orden epistemológico, basados en esos tres conceptos espacio – temporal (Geosistema-Territorio-Paisaje); Para los autores: *“El Paisaje es una expresión fisionómica visual, el Geosistema es un nivel jerárquico de clasificación del paisaje natural, conjugado en una misma interpretación, los tipos y los individuos (tipología y regionalización). Y el Territorio, se corresponde a todo lo relativo a la utilización económica”* (Bertrand y Bertrand, 2002: 169).

Entonces, dentro del modelo GTP, la concepción geosistemica original de Sochava, no fue asumida por C. y G. Bertrand (Rodríguez *et al.*, 2015), y según Passos (2022), los geógrafos no demoraron en conocer el sentido teológico que se atribuyó dentro del mismo. Sin embargo, el método propuesto no es una receta lista, y que a primera vista puede ser vaga y difícil de aplicar, pero en la realidad, es justamente lo contrario, pues propone una nueva visión de cómo la epistemología es aplicada, mostrando que los conceptos y nociones trabajadas desde hace mucho tiempo en Geografía, pueden todos ser usados en conjunto. Un abordaje que comienza por las siguientes fases: primero pasa por una reflexión epistemológica, seguida de una teoría aplicada y práctica, y que finaliza, con un método combinando las Geo-tecnologías de Información (Geoprocesamiento).

Este modelo teórico nos permite comprender las principales características y procesos de los subsistemas GTP, donde cada concepto tiene sus propias particularidades intrínsecas, como se muestra en la Figura 2.

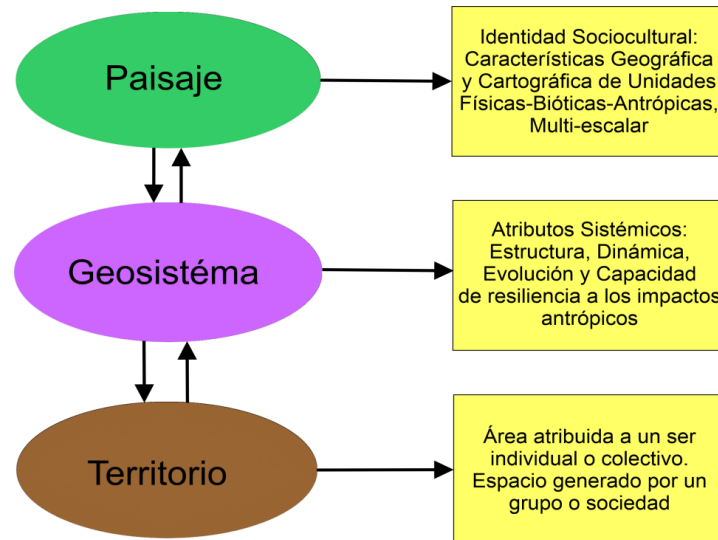


Figura 2- Características Principales del Modelo GTP (Geosistema-Territorio-Paisaje)
Fuente: Elaboración propia.

Claude y Georges Bertrand (2002) señalan que el modelo GTP, no agota toda la noción de paisaje y del entorno geográfico. Su objetivo es aproximar estos tres conceptos o nociones, para analizar como el ambiente geográfico funciona en su totalidad y complejidad, comprendiendo las interacciones entre ellos. Según los autores, cada uno de estos subsistemas son objetos más o menos bien identificados, revelando los métodos anteriormente usados de forma eficaz (Frolova, 2006).

La base epistemológica de modelo geosistémico (GTP) bertrandiano es constituido por tres sub-sistemas: Potencial ecológico/abiótico, explotación biológica/biótica y la acción humana, como se puede observar en la Figura 3, incluyendo el sub-sistema humano como parte componente del geosistema, con relaciones directas e indirectas.

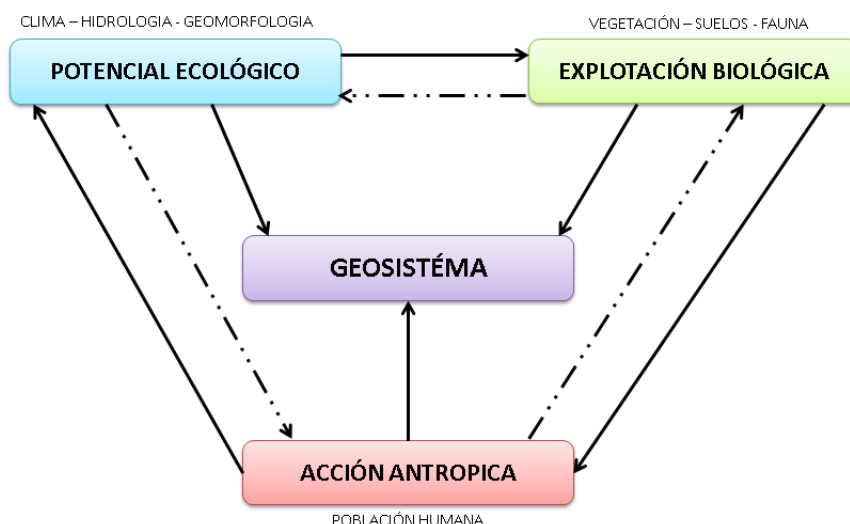


Figura 3. Esbozo de una definición teórica de Geosistema
Fuente: Bertrand, 2004 (Modificado).

Para G. Bertrand (2004), los especialistas en ciencias naturales y los ecólogos no vieron con buenos ojos la inserción de la intervención humana, lo que simplemente él hizo realmente, fue insertar lo antrópico en el modelo ruso, que solamente estaba limitado a dos subsistemas: potencial ecológico y la explotación económica, bajo el supuesto de que la “naturaleza no es natural”, pues esta irremediablemente impactada por la sociedad, indicando el hecho de que la naturaleza al estar impactada por la sociedad no crea para el geosistema el compromiso de estudiar la sociedad como tal, y si el funcionamiento del territorio modificado por la sociedad (Passos, 2022).

Este sistema GTP logro posibilitar la superación de algunas inconsistencias en la ciencia del paisaje. Como señalan sus autores, se trata de una tentativa, de orden geográfica de dominar al mismo tiempo, la globalidad, la diversidad y la interactividad de todos los sistemas ambientales (Bertrand y Bertrand, 2002; Frolova, 2006), naturales y sociales materializados en el uso y cobertura de la tierra (Monteiro, 2001; Neves & Sodre, 2021).

Los conceptos de Ecosistemas y de Geosistemas son la “clave” que posicionó a los geógrafos en el centro de la problemática ambiental: procesando los datos, las descripciones y caracterizaciones fueron realizadas (relieve, clima, vegetación, suelos, sociedad, economía, entre otros), permitiendo el análisis integrado y de conjunto del paisaje. Dónde: *“el Ecosistema es un concepto bio-céntrico y único (tiene como referencia mayor la Biodiversidad), en cuanto el Geosistema es un concepto naturalista-antrópico y único (tiene como referencia mayor la Geodiversidad)”* (Passos, 2022: 92).

Como una de las clasificaciones más aceptadas en la actualidad del modelo GTP, es la taxonomía propuesta por George Bertrand (Tabla 1) presentándose como universal, por definir los estudios del paisaje en *“escalas temporales – espaciales de inspiración geomorfológica de A. Cailleux & J. Tricart, que fueron utilizadas como base general de referencia para todos los fenómenos geográficos”* (Bertrand, 1972, citado por Souza et al., 2021: 64).

Bertrand jerarquizó las unidades de paisaje en grandezas de I a VII, que pueden ser aplicadas en cualquier lugar del mundo, considerándolas de mayor a la menor unidad, proponiendo las unidades superiores en Zona (G.I), Dominios (G.II) y Región Natural (G.III), con énfasis en los elementos climáticos y estructurales, debido a las pequeñas escalas utilizadas para estas grandes áreas; y los Geocomplexos (G.IV - G.V), las Geofácies (G.VI) y los Geotópos (G.VII), para las unidades inferiores en grandes escalas, con énfasis en los estudios de componentes antrópicos y biogeográficos de estas áreas menores (Diniz, 2015; Souza et al., 2021).

Tabla 1 Unidades Taxonómicas y Jerárquicas propuestas para la cartografía del paisaje.

Niveles (1)	Unidades de Paisaje (2)	Escala Temporal-Espacial (3)	Escalas de Levantamiento (4)	Ex. Tomado en una misma serie de paisaje (5)
Planetario	Zona	G.I	Mayor de 1:10.000.000	Inter-tropicales continentales
Regional	Dominio	G.II	Entre: 1:10.000.000 y 1:1.000.000	Dominio, Provincias Fisiográficas (Cordillera de la Costa, Cordillera Andina, Llanos, Macizo Guyanés, etc).
	Región Natural	G.III	1:1.000.000 y 1:250.000	Serranía del Litoral, Depresión de Valencia, Serranía del Interior.
Local	Geocomplexos	G.IV y G.V	1:250.000 -1:100.000 y 1:100.000 – 1:50.000	Montañas, Valles, Piedemontes, Altiplanicies, etc
	Geofácies	G.VI	1:50.000 y 1:10.000	Terrazas, Abanicos, Vega, Colinas, etc
	Geotópos	G.VII	Menor que 1:10.000	Napas de Desborde, Albardones, Bancos, Bajios, Cárcavas, etc.

Legenda: 1 – De acuerdo con Bertrand (1972). 2 – Conforme revisión conceptual. 3 – Conforme Cailleux & Tricart (1956). 4 – Propuesta. 5 – Ejemplos en el ámbito venezolano.

Fuente: Diniz *et al.*, 2015, Souza *et al.*, 2021 (modificado).

El paisaje puede ser clasificado de acuerdo con su carácter de estructura morfológica, su génesis, su designación y posibilidades de utilización funcional. La complejidad, la estructura heterogénea de los paisajes y la presencia de varios parámetros, determinan que la clasificación del mismo (Souza *et al.*, 2021) debe estar formado por varias escalas y niveles de percepción, tal y como lo representa Alfred Zinck (1980) en sus niveles de percepción del paisaje (Figura 4).

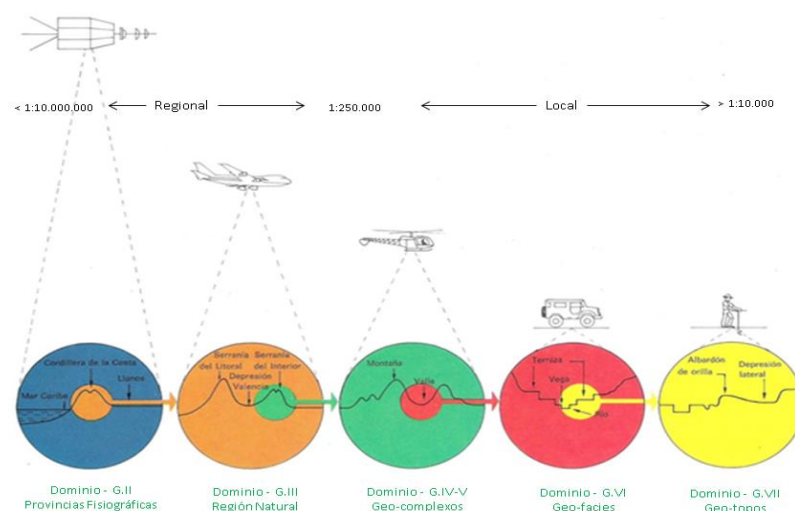


Figura 4 Ejemplo de diferentes escalas y niveles de percepción del paisaje

Fuente: Zinck, 1980 (Modificado)

También existen tres características intrínsecas que son útiles y deben ser consideradas cuando se piensa en paisaje: *“La Estructura, se refiere a las relaciones espaciales entre ecosistemas distintos, esto es, la distribución de energías, materias y especies en relación a los tamaños, formas, números, tipos y configuraciones de componentes. La Función, se refiere a las interacciones entre los elementos espaciales, esto es, el flujo de energía, materiales y organismos entre los ecosistemas componentes y, Los Cambios, que se refieren a la alteración en la estructura y función de los mosaicos ecológicos a lo largo del tiempo”* (Haase et al, 1991; Forman y Godrom, 1986; Turner y Gardner, 1991, Volk y Steinhardt, 2002: 7).

Entonces, es importante decir que estas categorías y clasificaciones jerárquicas del paisaje pueden ser aplicadas en cualquier ámbito o territorio (nacional, regional o local) según la escala de levantamiento de la información geográfica y el objetivo de la investigación (Marquina y Mogollón, 2018).

6. El Geoprocesamiento en el estudio del paisaje

Una condición necesaria para el estudio de los paisajes, es analizar sus estructuras territoriales, siendo esto posible con la elaboración de mapas (Cartografía Temática), y con la ayuda de modelos espacio – temporales de otra naturaleza (tablas, gráficos, flujo-gramas, entre otros). La cartografía es un antiguo recurso de la actividad científica, desde hace poco tiempo asumió la condición de temática, cuestión que satisface las demandas de la Teoría Geosistémica. Por lo tanto, la cartografía producto del Geo-procesamiento contribuye en la esfera de la informática científica, para el modelado del medio ambiente, abriendo caminos para prácticas científicas, que, en muchos casos, estos modelos pueden obviar detalles que revelan puntos importantes del paisaje (Rodríguez et al., 2019).

De acuerdo con Acot (1999, citado por Frolova, 2018: 2) *“los científicos que crean modelos y conceptos no están libres de influencias ideológicas prejuiciosas, difundidos en discursos no-científicos y de cosmovisiones”*.

La Figura 5 muestra como la Teoría Geosistémica, que está en el centro, establece una relación directa con la Teoría General de Sistemas, las Ciencias Auxiliares y el estudio de países (Geografía Regional); y como se establece, a partir de la informática, que incluye el Geoprocesamiento, como variante de la misma, por ser una disciplina auxiliar relativamente reciente.

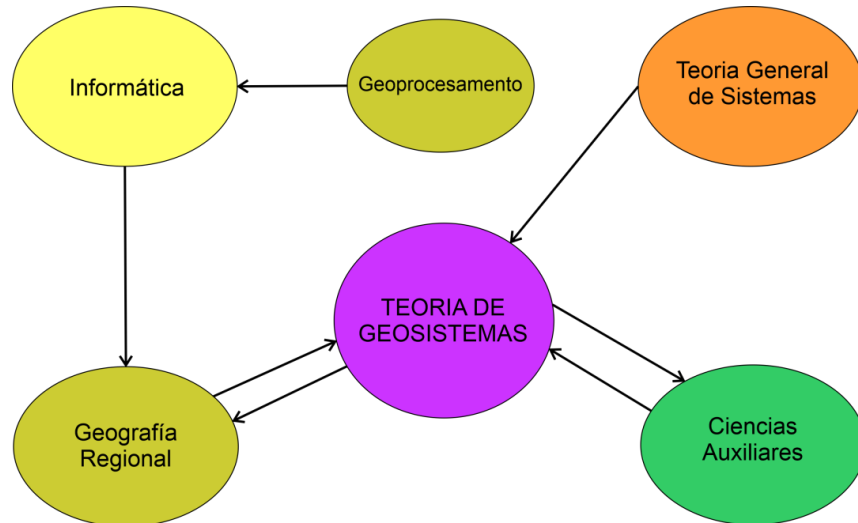


Figura 5. El Geoprocesamiento dentro de la Teoría de Geosistema y sus interrelaciones
Fuente: Sochava, 1978 citado por Rodríguez *et al*, 2019. (Adaptado)

Entonces, el Geoprocesamiento incluye otras técnicas y disciplinas para la elaboración cartográfica, siendo una disciplina fundamental para la creación de modelos cartográficos, que muestran la realidad espacio - temporal de un determinado paisaje, y sus técnicas son las que nos permiten finalmente generar una síntesis aproximada del modelo GTP.

No obstante, la informática como disciplina contemporánea surgió como resultado de la unificación de diferentes disciplinas, tales como: la ciencia de la computación, cibernética, sistemas automatizados, inteligencia artificial, entre otras. Teniendo como objetivo, estructurar sistemas informativos direccionados a garantizar las informaciones necesarias para la utilización racional y protección de los recursos naturales, el medio ambiente, la planificación urbana y regional, el catastro urbano - rural, entre otras. En esto los Sistemas de Información Geográficos (SIG), como aplicación tecnológica, juegan un papel determinante (Rodríguez *et al.*, 2017).

Entonces, la Geotecnología también conocida como Geoprocesamiento, “*es un conjunto de técnicas para la colecta, procesamiento, análisis y oferta de informaciones con referencias geográficas*” (Rosa, 2005: 81). Se compone por *hardware*, *software* y personas, que juntos conforman poderosas técnicas para la toma de decisiones, y dentro del Geoprocesamiento podemos destacar: Cartografía Digital, Sensores Remotos, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Topografía Automatizada y los SIG. Con la evolución de la tecnología de Geoprocesamiento y de software gráficos, algunos términos surgieron para varias especialidades.

Por otra parte, el nombre de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es muy utilizado, y en muchos de los casos se confunde con Geoprocesamiento. Por tanto, el

Geoprocesamiento es un concepto más amplio, que según Burrough (1987, citado por Rosa, 2005: 81): “*representa cualquier tipo de procesamiento de datos geo-referenciados, en cuanto un SIG procesa datos gráficos y no gráficos (alfanuméricos) con énfasis en los análisis espaciales y modelados de superficies terrestres*”.

Por lo tanto, la dinámica del paisaje representada por los métodos sofisticados de cartografía automatizada, forman una sucesión de polígonos indicativos de usos de la tierra, previsibles de forma menos trabajada, donde el análisis geosistemico del paisaje, como tal, es completamente olvidado por muchos investigadores (Frolova, 2006).

Como también, trabajando con técnicas de Geoprocesamiento, en algunos casos se olvida que son apenas herramientas que compensan las limitaciones de la capacidad de nuestro cerebro (Frolova, 2006), sobre todo cuando analizamos, por ejemplo, imágenes digitales satelitales, donde miles o millones de píxeles son clasificados, solo para hacer un mapa de cobertura de la tierra. Como también, esas herramientas, no pueden ser usadas para hacer exclusivamente un inventario de recursos naturales o de aspectos socioeconómicos, sin cualquier otro propósito como se ha venido haciendo por mucho tiempo.

7. Consideraciones finales

Finalmente, a lo largo de toda esta discusión queda de alguna manera clara, la interpretación de los conceptos de Paisaje, Geosistema y Territorio, los cuales tienen como premisa fundamental la comprensión de la estructura y organización del espacio geográfico, y que anteriormente, en la evolución histórica de la ciencia Geográfica estaba muy confuso, con las propias contradicciones entre los mismos geógrafos, siendo posible entender, de alguna forma, la naturaleza de los elementos de la superficie terrestre como punto de partida, en la cual, ella se humanizó, socializó y formó el hábitat de los seres humanos, y que todavía está en constante renovación y evolución.

Por otra parte, la Teoría Geosistemica también permitió entender mejor las relaciones funcionales de los elementos de la naturaleza (físicos y bióticos), percibiendo que la sociedad humana se encuentra en una relación geosistémica (intercambio de energía y materia) con los demás componentes del paisaje, retomándose las ideas sistemáticas y de paisaje desarrolladas por Sochava abriendo una perspectiva prometedora en la interpretación dialéctica y multidimensional del mismo (Rodríguez *et al*, 2015).

También el modelo GTP es un notable avance epistemológico, en relación al concepto precedente de Geosistema, por la necesidad de pensar en algo que permitiese conceptualizar la “complejidad y la diversidad” del ecosistema (ayudando en el análisis de la complejidad

biológica) y del Geosistema (que permite entender las complejidades geográficas), con el estudio de las estructuras horizontales y verticales de los componentes del paisaje desde una visión holística y multidisciplinar.

Por eso fue que G. Bertrand percibió que todas las disciplinas y las pesquisas que se basan en apenas un solo concepto (“monoconceptual”) tenían la pretensión de que, a partir del mismo, hablar todo. Ante esa situación, él tomo una posición, de alguna forma, más sabia y científica, observando que el análisis de la complejidad – diversidad (complejidad hecha de diversidad), no puede ser analizada con base a un solo concepto. Proponiendo, el análisis de esa realidad a partir de tres conceptos diferentes: un concepto “policonceptual” o conjunto trí-polar, o sea, en el interior de la complejidad emergen tres grandes tipos de diversidad: una que está más o menos ligada a los fenómenos naturales (Geosistemas), una que está asociada a los fenómenos de la economía (Territorio) y otra a los hechos culturales (Paisaje) (Passos, 2022).

Entonces, para representar estos fenómenos los seres humanos generan modelos, (algunos más acertados que otros), y tienen que estar presentes, sobre todo con el desarrollo cada vez más importante de las tecnologías de la información y el Geoprocesamiento (Frolova, 2006), ayudándonos en el análisis del paisaje de manera integral (espacio – temporal), con sus estructuras territoriales. Por eso, el análisis del paisaje debe ir también con la cartografía de las unidades geosistémicas, pues a pesar de estimar las fragilidades de áreas estudiadas, todavía sugieren organizaciones alternativas de uso (usos potenciales o de preservación), por veces, genéricas y subestimadas con las complejidades de la realidad (Reis Junior, 2007, citado por Neves y Sodre, 2021).

Por tanto, el análisis de un territorio en particular con un abordaje geosistémico, para una posible planificación territorial, es considerado un trabajo de pensamiento y un ejercicio intelectual, orientado en la mejoría y utilización del paisaje, de forma más racional posible, siendo importante pensar en instrumentalizar de manera práctica acciones en la superficie terrestre, por medio de la planificación y ordenamiento territorial, por tanto, es imprescindible definir con claridad esos elementos e inter-relaciones que surgen de los componentes del Geosistema, el Territorio y el Paisaje, en una larga y amplia existencia del planeta tierra.

Agradecimientos

De manera muy especial a la Organización de Estados Americanos (OEA) y al Grupo de Cooperación Internacional de Universidades Brasileñas (GCUB) (Programa PAEC), por haberme otorgado el beneficio de Becario Académico. También un especial agradecimiento a la Universidad Federal de Roraima (UFRR), en su Programa de Pos-graduación en Ciencias

Ambientales (Recursos Naturales) (PRONAT), por haber brindado el apoyo institucional para llevar a cabo este trabajo.

5. Referencias citadas

- ALDAMIR, L. 2009. O conceito da paisagem em história. *XXV Simpósio Nacional de História, ANPUH*. pp. 1-9. Fortaleza, Brasil. (12 – 17 de junio).
- BEROUTCHACHVILI, N. y G. BERTRAND. 1978. “Le Géosystème ou système territorial naturel”. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49(2): 167-180.
- BERTALANFFY, L.V. 1968. *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones 7ª ed.* Fondo de Cultura Económica S.A. Distrito Federal, México.
- BERTRAND, G. 1968. “Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique ”. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Oues*, 39(3) : 249-272.
- BERTRAND, G. 2004. “Paisagem e geografia física global: esboço metodológico”. *Revista Ra’e Ga*, 8(1): 141-152.
- BERTRAND, C. y G. BERTRAND. 2002. *Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités*. Éditions Arguments. Paris, Francia.
- CASTRO, D. G. 2009. “Significados do conceito de paisagem: um debate através da epistemologia da geografia”. UERJ. Disponible en: <https://www.pucsp.br/diamantino/paisagem/> [consulta: agosto, 2022].
- CHRISTOFOLETTI, A. 1999. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. Edgar Blucher Editores. São Paulo, Brasil.
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. y D. B. S. MEDEIROS. 2015. “Proposta de classificação das paisagens integradas”. *Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)*, 1 (1): 50 – 65.
- FIGUEIRÓ, A. S. 2011. “Tradição e mudança em Geografia Física”. En: A. S. FIGUEIRÓ y E. FOLETO (Dirs.). *Diálogos em Geografia Física*, pp. 17-44. Editora Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, Brasil.
- FORMAN, RTT. y M. GODRON. 1986. *Landscape ecology*. Wiley & Sons Editions, New York, EE.UU
- FROLOVA, M.; BERTRAND, C. y G. BERTRAND. 2003. “Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités ”. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 8(432): 1-5.
- FROLOVA, M. 2006. “Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?”. *Revista Ería* 70, 33(1): 225 – 235.

- FROLOVA, M. 2018. "From the Russian/Soviet landscape concept to the geosystem approach to integrative environmental studies in an international context. Land Scape Ecology". *Revista Springer B.V.* 34(1): 1485-1552.
- HAASE, G.; BARSCH, H.; HUBRICH, H.; MANNSFELD, K. y R. SCHMIDT. 1991. *Naturraumerkundung und Landnutzung (geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen)*. Beiträge zur Geographie, vol 34, Akademie-Verlag, Berlin, Germany.
- MACHADO, F. S. y A. S. MOURA. 2019. *Educação, Meio Ambiente e Território 3*. Editora Atena. Ponta Grossa, Brasil.
- MARQUINA, J. y A. MOGOLLON. 2018. "Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos". *Revista Geográfica Venezolana*, 59(1): 42-52.
- METZGER, J. P. 2001. "O Qué é a Ecologia da Paisagens?". *Revista Biota Neotrópica*, 1(1): 1-9.
- MONTEIRO, C. A. 2001. *Geossistemas, a história de uma procura*. Editora Contexto. São Paulo, Brasil.
- NEVES, C. E. 2017. "A geografia desconhecida de Georges Bertrand: Contribuições à discussão e aplicação do geossistema complexo no Brasil". *Revista de Estudos Geográficos*, 15(0): 139-166.
- PASSOS, M. 2022. "As travessias bertrandianas à construção da geografia física". *Imprensa da Universidade de Coimbra*. Disponible en: https://doi.org/10.14195/978-989-26-1343-7_6./ [Consulta : Junio, 2022].
- RODRIGUES, C. 2001. "A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais". *Revista do Departamento de Geografia USP*, 14(1): 69-77.
- RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. y C.A. LEAL. 2012. "Paisaje y geosistema: apuntes para una discusión teórica". *Revista Geonorte*, 1(4): 78 – 90.
- RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. y R. S. VICENS. 2015. "O Legado de Sochava". *Revista GEOgraphia Fluminense*, 17(33):225-233.
- RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. y A.P. BRITO. 2017. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza. Edições UFC. Fortaleza, Brasil.
- RODRIGUEZ, J. M. y E. V. SILVA. 2019. *Teoria de Geossistemas: o legado de V.B Sochava*, v. 1. Editora Universidade Federal do Ceara. Ceara, Brasil.
- ROSA, R. 2005. "Geotecnologias na Geografia Aplicada". *Revista do Departamento de Geografia UFU*, 16(1): 81-90.
- SOUZA, A. C.; BORGES, F. y M. MENDOÇA. 2021. "Estudos de Paisagem integrada: episteme, evolução e aplicação". En: R. SOUZA; A. M. CHAVES y S. NASCIMENTO

(Dirs.). *Geoecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas 1ed.*, pp. 53-73. Criação Editora-Aracaju. São Paulo, Brasil.

TURNER, M. G. y GARDNER, R. H. 1991. "Quantitative methods in landscape ecology. An introduction". En: M. G. TURNER y R. H. GARDNER. (Dirs.) *Quantitative methods in landscape ecology*, Vol.82., pp. 3-14. Springer Editions, New York. EE.UU.

VALCARCEL, J. O. 2000. *Los horizontes de la geografía. Teoría de la Geografía*. Editorial Ariel, 2000. Barcelona, España.

VOLK, M y U. STEINHARDT. 2002. "Landscape and landscape ecology". En: O. BASTIAN y U. STEINHARDT. (Dirs). *Development and Perspectives of Landscape Ecology*, pp. 7-47. Ed. Springer Science+Business Media Dordrech, Germany.

ZINCK, A. 1980. *Valles de Venezuela*. Cuadernos LAGOVEN. Petróleos de Venezuela, S.A. Caracas, Venezuela.

**3 ARTIGO 2- O ESTUDO DA PAISAGEM NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL:
UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA BASEADA NO MODELO GTP**

Artigo publicado na Revista Acta Geográfica da UFRR em sep.-dez. 2024. Qualis Capes A2
(2017-2020, em Ciências Ambientais).

<https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v18i50.7732>

El estudio del paisaje en la planificación territorial: una aproximación metodológica en base al modelo GTP

O Estudo da paisagem no planejamento territorial: uma abordagem metodológica baseada no modelo GTP

The study of the landscape in territorial planning: a methodological approach based on the GTP model

Marquina Vera, Jesús Jordán¹

1 Universidad de Los Andes, Venezuela.

Jordanmarquina106@gmail.com

Marquina Vera Jesús Jordán: <http://orcid.org/0000-002-3248-8325>

Tavares Junior Stélio Soares²

2 Universidade Federal de Roraima, Brasil.

Stelio.tavares@ufrr.br

Tavares Junior Stélio Soares: <http://orcid.org/0000-0001-7649-2994>

Beserra Neta Luiza Câmara³

3. Universidade Federal de Roraima, Brasil.

Luiza.camara@ufrr.br

Beserra Neta Luiza Câmara: <https://orcid.org/0000-0003-0505-4895>

Resumen.

La geografía es una ciencia, que ha venido pasado por revoluciones epistemológicas, posicionándose actualmente en las temáticas de los problemas socio-ambiental, por su carácter integrador en estas cuestiones. Siendo uno de los principales problemas, los cambios de usos de la tierra, que afectan muchos paisajes naturales en todo el mundo, generando una serie de problemas ambientales y el agotamiento progresivo de sus recursos naturales, y en muchos casos a su completa perdida. Por tanto, el objetivo de esta investigación es hacer una síntesis de los conceptos que estructuran el modelo GTP (Geosistema-Territorio-Paisaje), como también, aportar una aproximación metodológica, en base a este modelo, para futuros estudios del paisaje, como fuentes de informaciones esenciales en la planificación y gestión territorial de los recursos naturales.

Palabras claves: Geosistema; Territorio; Diagnostico Socio-ambiental; Recursos Naturales; Organización del Espacio.

Resumo.

A Geografia é uma ciência, que passou por revoluções epistemológicas, posicionando-se atualmente nas temáticas relacionadas aos problemas socioambientais, devido ao seu caráter integrador nessas questões. Sendo um dos principais problemas, as mudanças no uso da terra, que afetam diversas paisagens naturais ao redor do mundo, gerando uma série de problemas ambientais e o esgotamento progressivo de seus

recursos naturais, e em muitos casos em sua perda total. Portanto, o objetivo desta pesquisa é demonstrar uma síntese dos conceitos que estruturam o modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem), bem como fornecer uma abordagem metodológica, com base no modelo GTP, para futuros estudos da paisagem, como fontes de informações essenciais no planejamento e gestão territorial dos recursos naturais.

Palavras-chave: Geossistema, Território; Diagnóstico Socioambiental; Recursos Naturais; Organização do Espaço.

Abstract.

Geography is a science, which has been through epistemological revolutions, currently positioning itself in the themes of socio-environmental problems, due to its integrating nature in these issues. Being one of the main problems, changes in land use, which affect many natural landscapes around the world, generating a series of environmental problems and the progressive depletion of its natural resources, and in many cases their complete loss. Therefore, the objective of this research is to make a synthesis of the concepts that structure the GTP (Geosystem-Territory-Landscape) model, as well to provide a methodological approach, based on this model, for future landscape studies, as sources of essential information in planning and territorial management of natural resources.

Key words: Geosystem; Territory; Social-Environment Diagnostic; Natural Resources; Space Organization.

Introducción.

Siempre se ha considerado a la Geografía como una ciencia de los paisajes y los territorios en sus diferentes expresiones, como también muchas definiciones y objetos de estudios en torno a esta ciencia han sido creados desde sus orígenes, como ciencia aplicada y aplicable, y que ha pasado por una serie de revoluciones teóricas y metodológicas, siempre en constante renovación.

Siendo la Geografía una ciencia que tiene muchas aristas, con enunciados distintos y no ha generado un proyecto único, sino varios proyectos alternativos o confluentes, que intenta construirse como un proyecto de la geografía moderna: la historia de la geografía no ha seguido en todo momento el mismo camino en los diferentes países, tiene sus diferencias en el tiempo, sus escuelas, la geografía continúa y cambia en un doble sentido, porque es una ciencia viva y su objeto de estudio también cambia permanentemente (BRUNET; FERRAS; THÉRY, 1993, citado por VALCÁRCEL, 200, p. 9).

Por lo tanto, para los estudios integrales del paisaje, desde una perspectiva geosistémica con fines de planificación territorial en Geografía, como objetivo para este trabajo, se aborda el modelo GTP (Geosistema-Territorio-Paisaje) de Claude y George Bertrand (2002), donde se hace un intento por resumir los tres conceptos que estructuran este modelo. Presentando, aquí también una propuesta metodológica para la realización de estudios integrales del paisaje,

donde inicia con una caracterización de los componentes del paisaje, pasando por el análisis de sus estructuras territoriales (horizontales y verticales) con sus cambios espacio-temporales, luego por el diagnóstico socio-ambiental (aplicando técnicas automatizadas), y de cómo estos elementos de análisis logran proporcionar información clave para una posible planificación y organización espacial de los paisajes.

Por lo tanto, esta investigación presenta relevancia académica y socioeconómica, principalmente por un primer intento de construcción de un enfoque metodológico, buscando elaborar un procedimiento objetivo y preciso en la descripción científica de los estudios ambientales aplicando el análisis geosistémico y el diagnóstico socioambiental en la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé (CHRC), Estado de Roraima-Brasil, como unidad de paisaje, que se comporta como un complejo territorial. Y segundo, con la elaboración de un modelado cartográfico geosistémico de organización territorial, siendo una contribución para la planificación territorial, como una primera etapa de un plan de ordenación del territorio; sirviendo de auxilio para investigadores y órganos responsables por la: fiscalización, planificación y conservación de los recursos naturales de esta importante cuenca hidrográfica.

Paisaje, Geosistema y Territorio: bases conceptuales del modelo GTP

El primer concepto que abordaremos en este trabajo es el de paisaje, porque al igual que el concepto de territorio son muy antiguos. La palabra paisaje aparece por vez primera en la literatura del “libro de Salmos”, poemas líricos del antiguo testamento, hace aproximadamente 1.000 A.C. Esos poemas eran cantados en los oficios divinos del Templo de Jerusalén, que luego fueron aceptados por la iglesia cristiana como parte de su liturgia. En el libro de Salmos, el paisaje se refiere a la bella vista que tenía la ciudad de Jerusalén, con los templos, castillos y palacios del Rey Salomón. Esa visión inicial y estética, fue adoptada seguidamente por la literatura y las artes en general, principalmente por la pintura a mediados del siglo XVIII (METZGER, 2001).

Posteriormente, la Geografía Regional incorpora el concepto de paisaje, convertido en objeto geográfico, hasta llegar a identificar paisaje y región. Sin embargo, la propuesta de paisaje como objeto de la Geografía tiene un desarrollo independiente, en relación con una profunda corriente cultural del ámbito germánico. El paisaje no es un descubrimiento de los geógrafos, ni un objeto elaborado por estos, este llega de la mano de artistas, escritores, filósofos e historiadores, en el marco de una filosofía que no todos los geógrafos compartían, y que todavía continua (VALCÁRCEL, 2000).

Dentro de la corriente naturalista del siglo XIX, el concepto de paisajes fue propuesto entre geógrafos alemanes y después se difundió entre teóricos de lengua inglesa, teniendo o no relación con la geografía (CASTRO, 2009; FIGUEROS, 2011). El alemán Alexander von Humboldt (1769 – 1859) consideraba el paisaje “*como un conjunto de facciones morfológicas, fito-fisionómicas, topográficas, hídricas y geológicas, en las cuales, el hombre actuaba como un simple interventor de la imponente naturaleza*” (ALDAMIR, 2009).

Corrientes actuales de la geografía tienden a no distinguir entre paisajes naturales y culturales, sino ver la naturaleza como un producto de la acción humana (no solamente como medio donde los hombres actúan) y el paisaje como un “continuum” espacial. Conforme explica Bertrand (2004), el paisaje se define como: “Una determinada porción del espacio, resultado de la combinación dinámica, por tanto, inestable de elementos físicos, biológicos y antrópicos, que reaccionan dialécticamente unos sobre otros, haciendo del paisaje un conjunto único e indisoluble, en perpetua evolución” (BERTRAND, 2004, p. 141).

Jean Paul Metzger (2001, p. 4) también propone una visión integradora de paisaje, definiéndolo como: “un mosaico heterogéneo formado por unidades interactivas, siendo esta heterogeneidad existente de por lo menos un factor, segundo un observador y en una escala de observación”. El conjunto interactivo del paisaje es compuesto por “ecosistemas” o por unidades de “coberturas” o de “uso y ocupación de la tierra”, siendo que la escogencia de una de esas tres formas de representar el paisaje es realizada (arbitrariamente) por el observador. Los límites entre esos conjuntos interactivos del paisaje serían definidos por tres factores: el ambiente abiótico (formas de relieve, tipos de suelos, dinámica hidro-geomorfológica, parámetros climáticos, en particular), las perturbaciones naturales (fuego, tornados, inundaciones, erupciones volcánicas, heladas, por ejemplo), y las antrópicas (fragmentación y alteración de hábitats, deforestaciones, implantación de carreteras, entre otros). Estos factores condicionan la presencia de determinadas unidades interactivas del mosaico que conforman el paisaje (METZGER, 2001).

Otro concepto importante dentro del modelo GTP, es el de “Geosistema”, introducido inicialmente por el Geógrafo Viktor Vorisovich Sochava (1905 – 1978), expuesto en la Teoría de Geosistemas, como una contribución original, en los estudios integrados geo-ecológicos de los recursos naturales sobre una base territorial. Siendo publicada en 1978, en el libro Introducción a la Teoría de los Geosistemas, aportando nuevas informaciones sobre la idea del medio geográfico, entendiéndolo como un sistema jerárquico, que tiene una integridad y que también está dividido en integridades subordinadas (FROLOVA, 2018).

Sochava (1978) interpreta los espacios o paisajes desde un punto de vista geosistémico, considerándolos como: “el espacio terrestre en todas sus dimensiones encontrándose en una relación sistémica, unos con otros, y como integridad, interactúan con la esfera cósmica y con la sociedad humana” (RODRÍGUEZ; SILVA, 2019, p. 23)

En 1968, Bertrand propone una metodología propia para el estudio geográfico del ambiente, sobre la base del concepto de geosistema. Aunque el término y algunos de sus principales elementos sean prestados del modelo cuantitativo - naturalista soviético (V. Sochava & A. Isachenko), Bertrand adaptó el concepto de geosistema a una realidad diferente a los países de Europa Occidental, simplificándolo y proponiendo un modelo bastante cualitativo y humanizado, enriqueciéndolo con la dimensión antrópica y cultural (BERTRAND, 1968, BEROUTHCHACHVILI; BERTRAND, 1978, FROLOVA; BERTRAND, 2003). Por lo tanto:

El Geosistema correspondiente a datos ecológicos relativamente estables de factores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, [...] definidos por un cierto tipo de explotación biológica del espacio de recursos como la vegetación, suelos y fauna, producto de las acciones antrópicas (Bertrand, 2004, p. 146-147).

La Figura 1 representa el Geosistema de Bertrand (2004), un modelo compuesto por tres subsistemas: el subsistema Potencial Ecológico (clima, hidrología y geomorfología), con relaciones directas e indirectas con el subsistema Explotación Biológica, que tiene como elementos a la vegetación, suelos y fauna, y esos dos relacionadas directamente o indirectamente con el subsistema Humano y sus acciones antrópicas sobre el paisaje, formando lo que Bertrand define como Geosistema del paisaje.

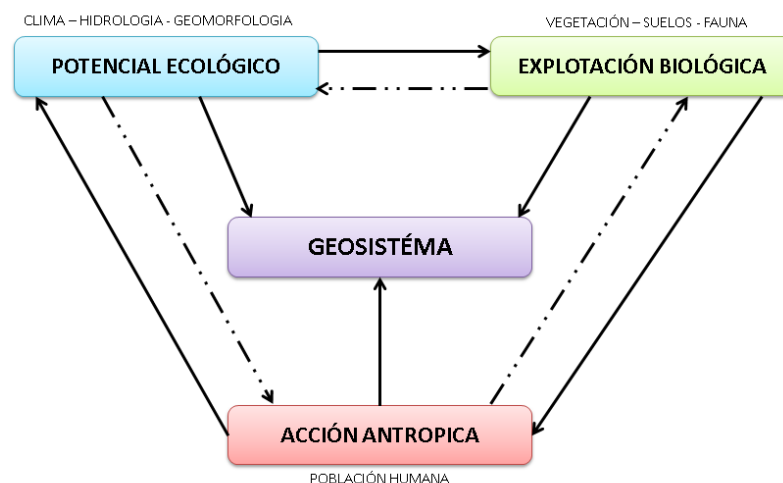


Figura 1 -Esbozo de una definición teórica de geosistema.

Fuente: BERTRAND, 2004.

Para Bertrand, los especialistas en ciencias naturales y los ecólogos no vieron con buenos ojos la inserción del sistema humano, lo que realmente él hizo, fue insertar, lo antrópico al modelo ruso original, que solo estaba limitado a dos subsistemas (Potencial Ecológico y Explotación Biológica), o sea, partiendo del supuesto de que:

[...] la naturaleza no es natural [...], pues esta irremediablemente impactada por la sociedad. Entonces, por el hecho de la naturaleza estar impactada por la sociedad, no crea para el Geosistema el compromiso de estudiar a la Sociedad, y sí más bien, estudiar el funcionamiento del paisaje modificado por esta sociedad (PASSOS, 2022, p. 89).

Otro concepto que hace parte del modelo GTP, es el concepto de Territorio, siendo considerado como:

Una práctica de carácter social, de naturaleza predominantemente política o socioeconómica. El elemento que los distingue es la presencia de un límite, de un borde o frontera, establecido y reconocido, vinculado entre los grupos sociales y es un fragmento del espacio terrestre, [...] donde cada grupo humano, con cierta estabilidad, se define por cierta extensión, identificada como propia, siendo reconocida o disputada, por otros grupos humanos (VARCARCEL, 2000, p. 526-527).

Actualmente, el termino de Territorio es contemplado en diversas investigaciones y trabajos, como un espacio delimitado por el uso de fronteras (no necesariamente visibles, algunas tangible y otras intangibles), creadas a partir de una expresión de poder, con todo y eso, a diferencia de las concepciones anteriores, los territorios se pueden presentar en múltiples escalas, sin tener necesariamente una naturaleza política (MACHADO; MOURA, 2019).

Entonces, para generar los marcos de investigación del medio ambiente y poder elaborar un problema ambiental coherente, Claude y George Bertrand (2002) propusieron un sistema común de orden epistemológico, basado en esos tres conceptos espacio – temporal (Geosistema-Territorio-Paisaje) o modelo GTP, que para los autores:

El Paisaje es una expresión fisionómica visual, el Geosistema es un nivel jerárquico de clasificación del paisaje natural, conjugado en una misma interpretación, los tipos y los individuos (tipología y regionalización). Y el Territorio, se corresponde a todo lo relativo a la utilización económica (BERTRAND; BERTRAND, 2002, p. 169).

Entonces, para recrear los posibles marcos de las investigaciones sobre el medio ambiente y elaborar una problemática medioambiental coherente, ellos proponen un sistema

común, de orden epistemológico, fundado en base a esos tres conceptos espacio-temporales (Geosistema-Territorio-Paisaje) y que en palabras de los autores:

[...] es una tentativa, de orden geográfico, para controlar al mismo tiempo la globalidad, la diversidad y la interactividad de los sistemas medioambientales. No es un objetivo en sí mismo. Sólo es un instrumento y una etapa. El sistema GTP no sustituye a nada. Su función esencial es relanzar la investigación medioambiental sobre bases multidimensionales, tanto en el tiempo como en el espacio, y tanto en el marco de disciplinas como de las formas construidas de interdisciplinariedad. Su primera vocación es favorecer una reflexión epistemológica y conceptual, y en lo posible, desembocar en propuestas metodológicas concretas (BERTRAND; BERTRAND, 2002, p. 335-336).

Por lo tanto, el modelo GTP no es una receta lista, y que en primera instancia puede parecer vaga y difícil de aplicar, pues justamente es todo lo contrario, propone una nueva visión, de cómo la epistemología debe ser aplicada, ofreciendo una reflexión teórica y metodológica, necesaria en el campo de la geografía, de sumo interés actual y llena de originalidad, mostrando que los conceptos y nociones de Geosistema, Territorio y Paisaje, pueden ser trabajados al mismo tiempo juntos, otorgando así, un enfoque aceptado y aplicado por muchos geógrafos e investigadores en materia socio-ambiental en todo el mundo (BERTRAND; BERTRAND, 2002).

El análisis de las estructuras territoriales del paisaje

Para el análisis de las estructuras territoriales del paisaje, que están conformadas por tres subsistemas: físicos, bióticos y humanos. Para ellas existen tres características fundamentales que deben ser consideradas cuando se piensa en realizar un estudio integral del paisaje, las cuales son: la estructura, la función y los cambios, definidas a seguir:

La estructura se refiere a las relaciones espaciales entre los distintos ecosistemas, esto es, la distribución de energía, materiales y especies en relación a los tamaños, formas, número, tipo y configuraciones de los componentes (físico-bióticos). La función se refiere a las interacciones entre los componentes. Y los cambios se refieren a la alteración en la estructura y la función del mosaico ecológico a lo largo del tiempo (HAASE et al, 1981; FORMAN; GODRON, 1986; TURNER; GARDNER, 1991, VOLK; STEINHARD, 2002, p. 7).

Siendo, el enfoque geosistémico el que ofrece mayor importancia en los análisis simultáneos, entre las diferentes escalas (multiescalar) de observación, donde el paisaje puede ser analizado, tanto: de manera horizontal (entre sus componentes “Geo-faces”), como también de manera vertical (sus relaciones funcionales “Geo-horizontes”), incorporando el factor tiempo como dimensión, incluyendo posteriormente el subsistema sociocultural, expresado en usos de la tierra, como parte del estudio integral del paisaje (SOCHAVA, 1978; FROLOVA, 2018).

Por lo tanto, para analizar las estructuras territoriales del paisaje, desde una perspectiva geosistémica, será necesario:

- a) Realizar un inventario individual de los elementos del paisaje (Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación, Clima, Hidrología y Usos de la Tierra), a una escala cartográfica, según el nivel de levantamiento y objetivo de la investigación en la unidad de paisaje (MARQUINA; MOGOLLÓN, 2018), aplicando técnicas de Geoprocesamiento, para su caracterización detallada y expresión cartográfica de estos elementos (Figura 2).

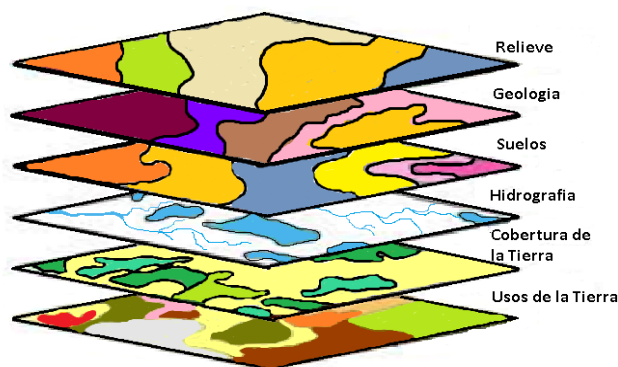


Figura 2 - Inventario Individual de los elementos del paisaje.

Fuente: Elaborado por los autores

- b) Delimitar las unidades territoriales geo-complejas, las cuales son entendidas como áreas genéticamente homogéneas, con una repetición regular de combinaciones interrelacionadas de las estructuras geológicas, formas de relieve, aguas superficiales y subterráneas, micro climas, suelos, fitológicas y zoocenosis (SOLNETSEV, 2006, CAVALCANTI; CORRÊA, 2016), partiendo de su integración, con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los fundamentos de la Teoría de Conjuntos, para crear la base cartográfica síntesis de geo-complejos (Figura 3),

utilizando como referencia la clasificación taxonómica y jerárquica propuesta para la cartografía del paisaje como unidades taxonómicas de análisis (Cuadro 1).

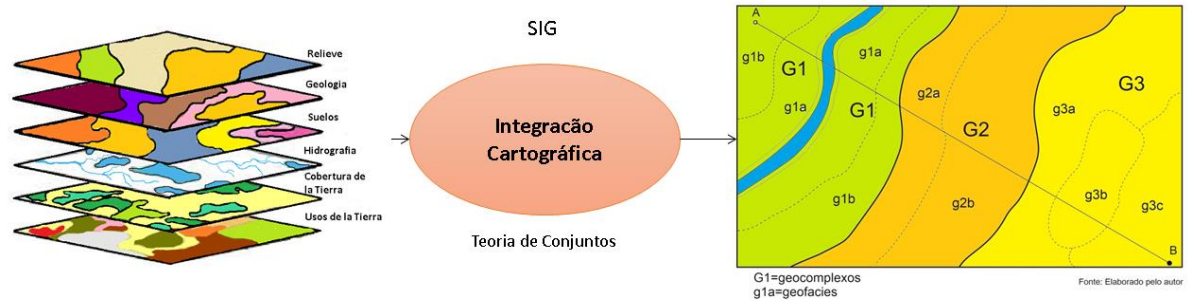


Figura 3 - Ejemplo de Integración de la estructura horizontal

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 1 -Unidades taxonómicas y jerárquicas propuestas para la cartografía del paisaje.

Niveles (1)	Unidades de Paisaje (2)	Escala Temporal-Espacial (3)	Escala de Levantamiento (4)	Ex. Tomado en una misma serie de paisaje (5)
Planetario	Zona	G.I	Mayor de 1:0.000.000	Inter-tropicales
Regional	Dominio	G.II	Entre: 1:10.000.000 y 1:1.000.000	Domínio de las Depresiones Interplanálticas e Intramontanas semiáridas forestadas por Caatingas
	Región Natural	G.III	1:1.000.000 y 1:250.000	Depresiones sertanejas semiáridas
Local	Geo-complejos	G.IV y G.V	1:250.000 -1:100.000 y 1:100.000 – 1:50.000	Interior del Seridó Potiguar
	Geo-faces	G.VI	1:50.000 y 1:10.000	Rampa de Coluviones
	Geo-tópos	G.VII	Menor que 1:10.000	Afloramiento rocoso

Legenda: 1 – De acuerdo con BERTRAND (1972). 2 – Conforme revisión conceptual. 3 – Conforme CAILLEUX & TRICART (1956). 4 – Propuesta. 5 – Ejemplos en el ámbito del Semiárido brasileiro.

Fuente: DINIZ et al., 2015, citado por SOUZA et al., 2021.

Esta clasificación es actualmente la más aceptada del modelo GTP, donde la taxonomía propuesta por George Bertrand, se presenta como universal, por definir los estudios del paisaje en “escalas temporales – espaciales de inspiración geomorfológica de A. Cailleux & J. Tricart, que fueron utilizadas como base general de referencia para todos los fenómenos geográficos” (BERTRAND, 1972; SOUZA et al., 2021, p. 64).

- c) Analizar la estructura vertical del paisaje, a través de perfiles (longitudinales y transversales) permitiendo analizar funcionalmente los componentes del paisaje (Figura 4).

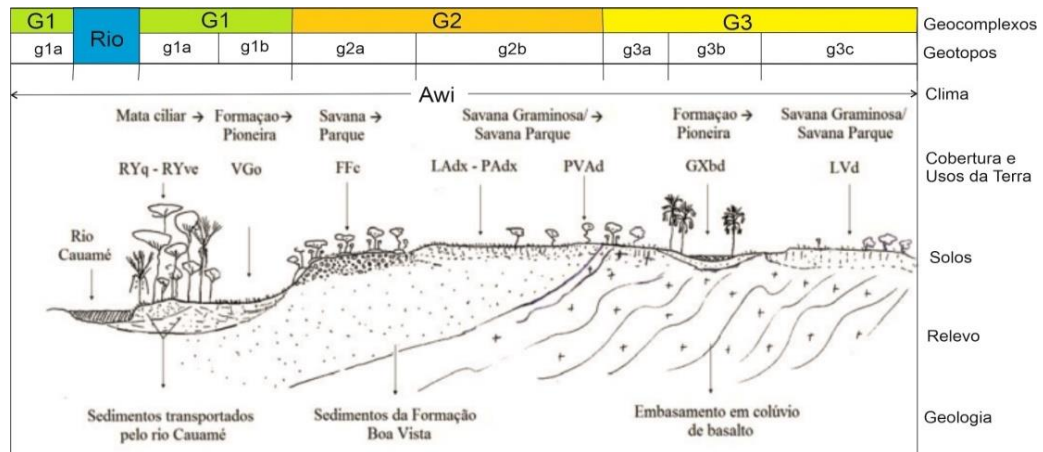


Figura 4 - Ejemplo de estructura vertical

Fuente: Adaptado de BENEDETTI et al., 2011.

- d) Definir los recursos, potencialidades y fragilidades de las unidades geo-complejas es necesario, tomar como referencia la cartografía de geosistemas junto con el análisis de los perfiles longitudinales y transversales, y así poder completar la matriz síntesis de análisis integral del paisaje, donde la última fila seria la síntesis geosistémica para cada unidad geo-compleja del paisaje, donde se refleja sus recursos naturales, potencialidades y restricciones, que ayudan en la toma de decisiones, y así proponer posibles usos de la tierra en cada una de las mismas (Figura 5).

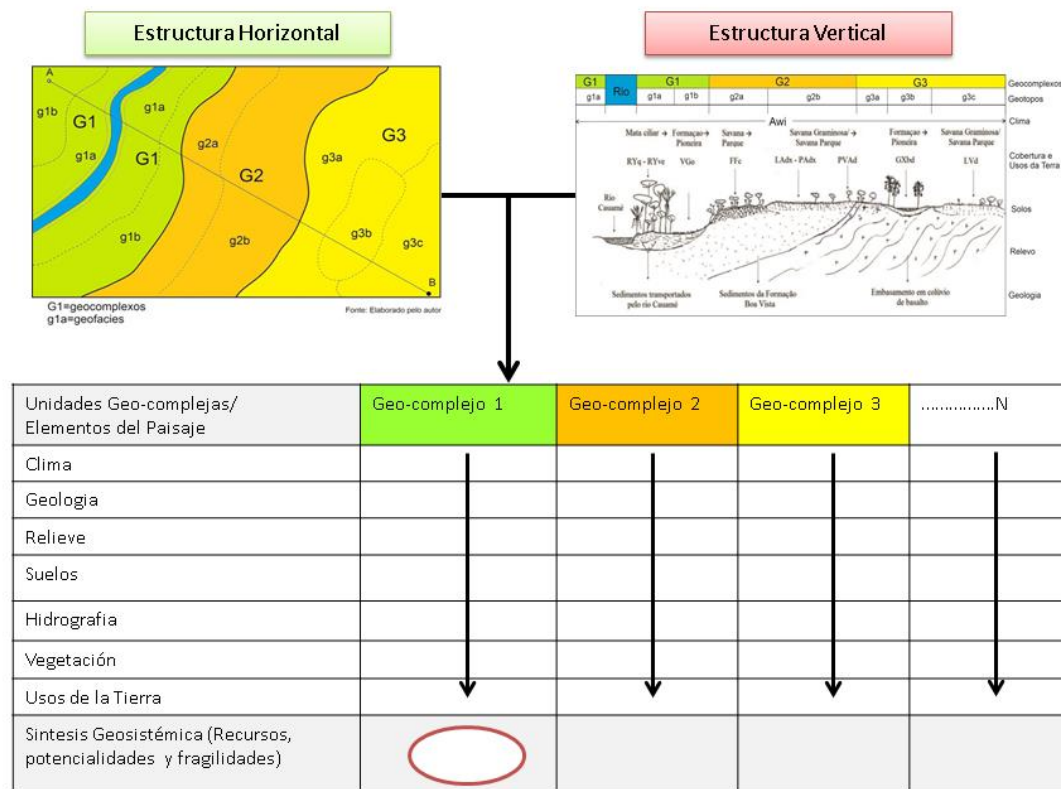


Figura 5 -Ejemplo da matriz síntesis de análisis integral del paisaje

Fuente: Elaborado por los autores

Por tanto, en los análisis de las estructuras territoriales (horizontal y vertical) del paisaje, se usan una serie de técnicas y procedimientos, donde el Geoprocesamiento, juega un importante papel, como una condición necesaria para el estudio del paisaje, obteniéndose con la confección de mapas (Cartografía Temática y SIG), y con modelos espacio – temporales de otra naturaleza (tablas, gráficos, flujo-gramas, entre otros), generando esa síntesis integral, elemento fundamental para la planificación territorial.

Los cambios espacio – temporales del paisaje.

En los análisis del paisaje, y sobre todo en la Geoecología, encargada de los estudios del paisaje, siempre ha sido de especial interés el estudio de la dinámica espacio - temporal que ha sido sometida la unidad de paisaje en el transcurso del tiempo por diversos factores, tales como: abióticos (geomorfológicos, climáticos, hídricos), perturbaciones naturales (incendios, tornados, huracanes, erupciones volcánicas y heladas, por ejemplo) o por las mismas acciones antrópicas (METZGER, 2001). Siendo este análisis espacio – temporal uno de los métodos de

esclarecimiento de las tendencias históricas de la evolución del paisaje (RODRÍGUEZ et al., 2017).

No obstante, uno de los procedimientos utilizados para observar de manera rápida y eficaz, los cambios en las estructuras del paisaje producto de las acciones humanas son: los análisis multitemporales, con el uso de imágenes (fotografías aéreas, imágenes de Drones o de satélites artificiales, por ejemplo), aplicando técnicas de Geoprocesamiento (Fotogrametría Digital, Sistemas de Información Geográficas, Procesamiento Digital de Imágenes, entre otras).

La Figura 6, resume los procedimientos técnicos para realizar el análisis espacio-temporal de los cambios en las coberturas y usos de la tierra, producto de las intervenciones antrópicas.

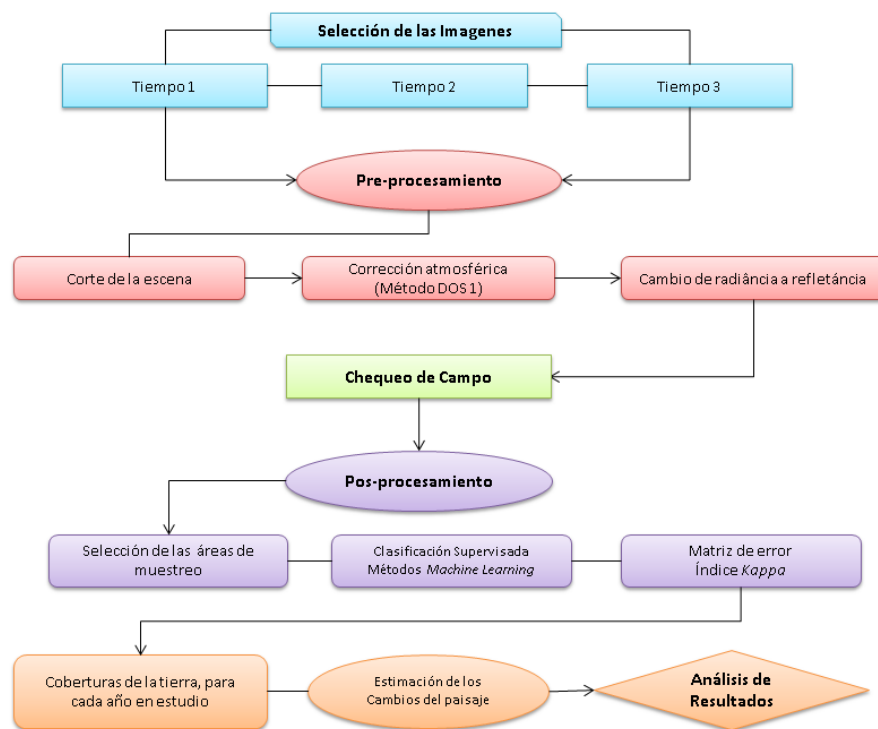


Figura 6 -Procedimiento para el análisis espacio-temporal del paisaje

Fuente: Elaborado por los autores

Por lo general, para observar la evolución de un determinado paisaje, lo mínimo recomendado es la selección de un mínimo de tres imágenes de diferentes fechas, aunque pueden ser más, según el criterio del investigador o grupo de investigación o los objetivos de la investigación. Posteriormente, pasa por una segunda etapa de pre-procesamiento de las imágenes, salida y su verificación en campo, continuando con la etapa de pos-procesamiento (clasificaciones digitales y cálculo del error de clasificación), y finalmente, la generación de las

coberturas y cambios de usos de la tierra, permitiendo estimar la evolución de impacto ambiental producto de las acciones humanas sobre el paisaje, en un determinado período de tiempo.

Siendo importante considerar que los resultados de los delineamientos de las unidades espaciales obtenidas en función de *overlays*, en base a mapeamientos de variables (físico – bióticas), apenas son representativos de la estructuración morfológica, pero no de su funcionalidad. Utilizando técnicas manuales o de geoprocésamiento, los denominados mapas síntesis son instrumentos viables para la elaboración inicial de la planificación territorial, pues constituyen el discernimiento de las unidades geo-complejas. Pero, el conocimiento de los procesos y la comprensión del estado de estabilidad y vulnerabilidad, surgen como elementos fundamentales para la implantación de actividades de usos de la tierra (CHISTOFOLETTI, 1999).

El diagnóstico socio-ambiental.

El frecuente monitoreo del paisaje con información sobre los cambios y condiciones ambientales, usos de la tierra y sus impactos, producto de las acciones humanas, son muy importantes para la planificación y gestión territorial (FAO, 2020).

Por lo tanto, en los últimos años varios indicadores han sido propuestos para cuantificar esas condiciones. Siendo, aplicado el índice hemeróbico (*Hemeroby index*) por muchos investigadores, como una técnica para medir esas modificaciones, producto de las acciones humanas sobre una unidad de paisaje, ofreciendo un diagnóstico operacional rápido y eficaz sobre el estado actual del mismo, ayudando en la toma de decisiones, seguimiento y evaluación de la eficiencia en las medidas políticas y administrativas gubernamentales, orientadas en mejorar la conciencia pública sobre el medio ambiente (STEINHARDT et al., 1999). Entendiéndose por medio ambiente, como:

la suma total de las condiciones externas circundantes en el interior de las cuales un organismo, una condición, una comunidad o un objeto existe. El medio ambiente no es un término exclusivo; los organismos pueden ser parte del ambiente de otro organismo (ART, 1998, citado por DULLEY, 2004, p. 18)

El término *Hemeroby* en inglés o Hemeróbia en español, viene del griego *hemeros* (cultivado, domesticado, refinado), siendo introducido por Jalas (1955) para clasificar especies de plantas Neófitas, según el grado de participación de estas especies, que luego fue extendido a otras comunidades vegetales (STEINHARDT et al., 1999).

Según Sukkop (1976), el grado de Hemeróbia “es una medida integradora de los impactos de todas las intervenciones humanas en los ecosistemas, sean intencionales o no. Siendo, el resultado del impacto humano en un área en particular y de los organismos que habitan en ella”. Por lo tanto, el índice hemeróbico ofrece un diagnóstico socio-ambiental rápido y efectivo del paisaje en consideración. Entonces, para garantizar el funcionamiento de la vida y preservarla de su degradación, es necesario evaluar los impactos ambientales del paisaje.

Este término impacto ambiental se diferencia del término degradación ambiental, que imprime solamente un lado negativo para la estabilidad de un ecosistema, puede también presentar un lado positivo. Por lo tanto, el termino impacto ambiental, es comúnmente usado de manera de presentar y destacar eventos maléficos relacionados a los impactos ambientales, este punto es visto por muchos autores como erróneo, presentando como justificación el hecho de que los impactos ambientales también pueden suceder beneficiosamente (RUBIRA, 2016, p. 15).

En la Cuadro 2, se diferencian seis niveles hemeróbicos, con respecto al grado de naturalidad, desde lo natural a lo artificial, los tipos de paisajes, con sus niveles de impactos antrópicos, cambios visibles y tiempo de modificaciones, siendo un abordaje de clasificación jerárquico de análisis, en el diagnostico socio-ambiental del paisaje.

Cuadro 2- Fase del diagnóstico socio-ambiental del paisaje en interfaces

Nivel Hemeróbico (1)	Grado de Naturalidad (2)	Tipo de Paisaje (3)	Impactos sobre el paisaje (4)	Cambios visibles en la estructura del Geosistema (5)	Tiempo de Modificación (6)
1-Ahemeróbico	Natural	Naturales	Ninguno o Nulo	No es visible o imperceptible	Muy largo/centenas de años o más
2-Oligohemeróbico	Próximo a lo Natural	Semi-naturales	Casi nulo, con focos limitados de perturbación		Largo /decenas de años
3-Mesohemeróbico	Semi – natural	Paisajes pastoriles-moderadamente modificados	Deforestación parcial y uso extensivo de pastos con alteración inicial del equilibrio geológico	Poco Visible	Largo/medio 50 a 20 años
3-Euhemeróbico		Paisajes agrícolas	Deforestación y arado generalizado con substitución significativa de la naturaleza, con		

	Distante a lo Natural	fuertemente modificados	alteración general del equilibrio geo-ecológico	Visible	Media de 20 a 10 anos
4-Polihermeróbico	Muy lejos de lo Natural	Paisajes agrícolas fuertemente transformados con artificialización significativa	Agricultura generalizada con significativo avance de urbanización	Muy Visible	Corto de 5 a 3 años
5-Metahemeróbico	Artificial	Paisaje Antrópico Artificial	Urbanización y Artificialización significativo, sin recuperación geo-ecológica.	Extremadamente Visible	Muy corto hasta 2 años

Fuente: (1) e (2) SUKOOP (1976) citado por STEINHARDT et al., 1999, (3), (4), (5) e (6) adaptado de NEVES, 2017

El índice hemeróbico se basa en estadísticas de áreas, siendo un índice altamente agregado, que no solo condensa los resultados estadísticos de las áreas en un simple valor, sino también, evalúa el grado de transformaciones del paisaje por los impactos humanos sobre la cobertura vegetal original, así como también con otros elementos (Agua, Relieve) (STEINHARDT et al., 1999). Una de las fórmulas utilizadas para obtener este valor o grado de impacto, es la propuesta por Walt y Leibniz (2014), que simplifica la fórmula original de Steinhardt et al (1999), para un mejor entendimiento de los resultados:

Índice hemeróbico por área ponderada simple.

$$M_2 = \sum_{h=1}^n f_n * h$$

Datos:

n = número de grados de hemeróbia

F_n = Proporción de la categoría n

h = Grado de hemeróbia

M_2 = Índice de hemeróbia

El índice de Hemeróbia presentado aquí puede tener un valor entre 1 hasta 6, siendo este último valor máximo (6) correspondiente a un área totalmente clasificada como Metahemeróbica, mientras que el valor mínimo (1) se corresponde a un área totalmente natural, siendo clasificada como Ahemeróbica (WALT; LEIBNIZ, 2014).

Para fines de conservación y preservación de la naturaleza, las áreas con niveles de (1) Ahemeróbica hasta (3) Mesohemeróbica, son de especial interés, porque estas están con nula o poca intervención humana, y puede incluir: bosques naturales, sabanas, pantanos, ciénagas, cuerpos de agua y otras coberturas en estado original. Mientras que las demás áreas impactadas por las actividades antrópicas (4, 5 y 6), necesitan de otras estrategias de planificación territorial.

Siendo la clasificación propuesta y su índice hemeróbico, un método operacional para los diagnósticos socio-ambientales, ampliamente utilizados en Europa, en la identificación y clasificación de áreas, que están siendo afectada por los impactos humanos, contribuyendo a generar estrategias de planificación y organización territorial en los paisajes.

La Planificación territorial y la organización de los espacios

Uno de los temas que está en el escenario y de amplia preocupación a nivel mundial, es la planificación y el organización de las actividades humanas sobre los diferentes paisaje, motivado a los impactos ambientales (positivos o negativos) que las acciones humanas ejercen sobre el mismo (RUBIRA, 2016), con la frecuente degradación de sus recursos naturales, trayendo como consecuencia toda una serie de problemas socio-ambientales generalizados, que no solo afectan a los ecosistemas originales, sino también, disminuyen la capacidad productivas y regenerativas de los mismos, creando serías consecuencias socio-económicas a las poblaciones humanas que ellas habitan. Por lo tanto, unas de las estrategias que tienen las sociedades humanas es crear instrumentos (planes y proyectos) que ayuden en la toma de decisiones, de cómo los espacios deben ser aprovechados desde una perspectiva sustentable.

La planificación es una actividad que se orienta hacia un resultado en el tiempo y espacio, constituyéndose como “un proceso continuo para decidir la forma de asignación de la totalidad de los recursos de una organización, de manera de alcanzar los objetivos y metas declaradas en un tiempo especificado” (BOYT. 1992), siendo una actividad continua y compleja, pues involucra toda una serie de acciones y desarrollo.

El termino planificación territorial abarca una amplia gama de actividades. Donde se pueden distinguir las categorías de planificación estratégica y planificación operacional, usando también otros criterios de grandeza espacial (planificación local, planificación regional, planificación nacional, etc) o de sectores de actividades (planificación urbana, planificación rural, planificación ambiental, planificación económica, etc) (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Y fue el biólogo austriaco Patrick Geddes (1968), que dio un primer impulso al naciente proceso de planificación a través de un sistema estructurado por tres etapas: examen atento,

análisis y plan. Y que posteriormente Mumford (1970) introdujo una cuarta etapa de readaptación, donde las dos primeras se corresponden perfectamente con las etapas del análisis geosistémico integrado del paisaje propuesto (Figura 7).

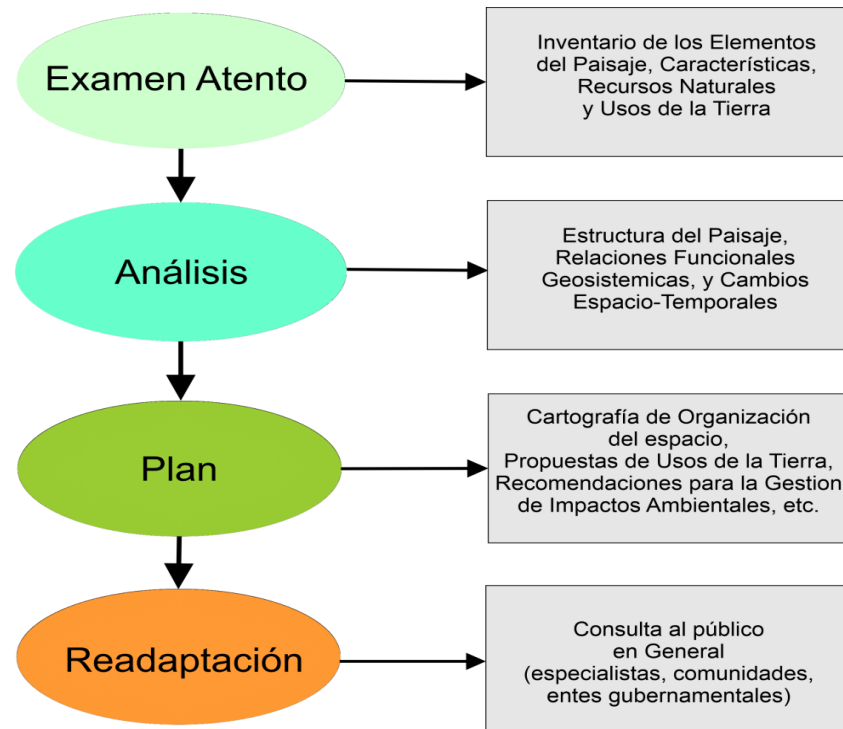


Figura 7-Proceso de planificación lógica y su relación con las etapas del análisis integral del paisaje

Fuente: Adaptado de GEDDES, 1968; MUMFORD, 1970

Efectuándose la readaptación una vez que el plan está terminado y se expone al público (autoridades, especialistas y comunidades) quienes ofrecen comentarios y sugerencias al respecto. A raíz de los mismos, se ve la necesidad de introducir algunas modificaciones, las que nunca serán muy significativas, pero que son necesarias para que el plan propuesto respete la nueva realidad (MUMFORD, 1970).

Por tanto, la planificación territorial se concentra en aspectos específicos relacionados con el uso del suelo y las actividades humanas de los lugares donde éstas se desenvuelven, relacionándose con el paisaje, utilizando métodos científicos, junto con políticas que el ser humano manifiesta, a través de un esfuerzo consciente para que las mismas tengan éxito en el tiempo. Siendo, una secuencia de operaciones diseñadas en la actualidad para obtener el fin establecido de antemano y una anticipación de lo que podría ser el futuro, si todos los supuestos se cumplen (ORTUZAR, 2010). Siendo, la planificación y gestión territorial un tema amplio, con toda una serie de procedimientos, técnicas y estrategias, donde muchos investigadores y

organismos de planificación en varios países del mundo han desarrollado sus propios métodos y estrategias.

Consideraciones finales

Finalmente, el paisaje como una expresión visual, artística, científica y cultural, de pertenencia individual o colectiva, por un grupo a varios grupos de individuos, no puede ser solamente analizado desde un solo enfoque o un único concepto. El paisaje debe ser analizado desde un enfoque geosistémico, entre todos sus elementos componentes, desde dos perspectivas, tanto horizontales como verticales, en diferentes escalas espacio – temporales, con sus respectivas clasificaciones jerárquicas de acuerdo con su extensión y expresión territorial.

Siendo así, que los conceptos de ecosistemas y de geosistemas son la clave que colocaron a los geógrafos en el centro de los problemas ambientales, analizando datos, realizando inventarios socio-ambientales (geología, relieve, clima, vegetación, suelos, demográficos, socioeconómicos, geopolíticos, entre otros), permitiendo el análisis de conjunto, donde “el ecosistema, es un concepto biocéntrico e inequívoco (tiene como referencia mayor la biodiversidad), mientras que, el geosistema es un concepto naturalista antrópico y único (tiene como referencia mayor la geodiversidad)” (PASSOS, 2022, p. 92).

Sin embargo, como dice Bertrand (2010) del modelo GTP, es una propuesta metodológica modesta, que no trata de sustituir a los modelos y métodos ya existentes, sino más bien poder aportar otra manera de analizar el paisaje, partiendo del referencial conceptual de Geosistema, Territorio y Paisaje. Por lo tanto, en esta investigación buscamos hacer un abordaje metodológico coherente, que al menos alcanzar cubrir las fases del modelo de Bertrand, y que posteriormente será aplicado en la CHRC, nuestra área de estudio.

En cuanto a la planificación territorial, partiendo del análisis integral del paisaje, no se puede afirmar que exista un tipo de proceso de planificación único, o uno más recomendable que otro, existiendo en el mundo muchos enfoques y métodos para ello. Al ser éstos muy diferentes unos de otros, habrá que escoger el que más se adapte a las circunstancias del momento y al tipo de paisaje en estudio. Los métodos clásicos, son muy simples en sus esquemas, se contraponen con los más contemporáneos, cuya complejidad a veces no es fácilmente entendible por el público y en ocasiones pareciera que el proceso retrocede en vez de avanzar, cada vez que hay un retorno en el sistema. Ni unos ni otros se pueden desdeñar de partida dado que cada uno presenta ventajas y debilidades (ORTUZAR, 2010).

Finalmente, la planificación territorial bajo un enfoque paisajístico y geosistémico, es un proceso flexible, dinámico y continuo, especialmente en los esquemas actuales, ejercitándose diariamente, aunque no siempre a la vista y presencia del público, pues éste sólo ve ciertas etapas, y por lo general participa en determinados momentos, sobre todo donde las sociedades actuales son muy dinámicas y en constante cambios, en sus actividades socio-económicas y geopolíticas.

Agradecimientos

De manera muy especial a la Organización de Estados Americanos (OEA) y al Grupo de Cooperación Internacional de Universidades Brasileñas (GCUB) (Programa PAEC), por haberme otorgado el beneficio de Becario Académico. También un especial agradecimiento a la Universidad Federal de Roraima (UFRR), en su Programa de Pos-graduación en Ciencias Ambientales (Recursos Naturales) (PRONAT), por haber brindado el apoyo institucional para llevar a cabo este trabajo.

Referencias

- ALDAMIR, L. O conceito da paisagem em história. In: XXV SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, Fortaleza, 2009. **Resumos... Fortaleza:** ANPUH, 2009, p 1-9.
- BENEDETTI, U. G. *et al.* Gênese, Química e Mineralogia de Solos derivados de Sedimentos Pleistocênicos e de Rochas Vulcânicas Básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Florianópolis, v.35, n.1, p. 299-312, 2011.
- BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. Le Gèosysteme ou Systeme Territorial Naturel. **Reveu Geographique des Pyrèneès et do Sud-Ouest**. Toulouse, Tome 49, Fasc. 2, p. 167-180, 1978.
- BERTRAND, G. Paysage et geographie physique globale. Esquisse méthodologique . **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Oues**, Toulouse, v. 39, n.3, p. 249-272, 1968.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, n. 13, 1972.
- BERTRAND, C. ; BERTRAND, G. **Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités**. Paris: Editions Arguments. 2002, p. 303.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista Ra'e Ga**, Paraná, n. 08, p. 141-152, 2004.
- BETRAND, G. Itinerario en torno al paisaje: una epistemología de terreno para tempos de crisis. **Revista Ería**, v.81, n.1, p. 5-38, 2010.
- BOYD, L., **MANUAL FOR LOCAL GOVERMENT ON CORPORATE PLANNING**, Municipal Association of Victoria, Melbourne, 1992.

BRUNET, R.; FERRAS, R.; THERY, H., *Les Monts de la géographiques. Dictionnaire critique. Reclus-La Documentation Française*, Montpellier-Paris, 1993, p. 518.

CASTRO, D. G. *Significados do conceito de paisagem: um debate através da epistemologia da geografia*. UERJ, 2009. Disponível em: < <https://www.pucsp.br/diamantino/paisagem>>. Acesso em: 25 de Ago. 2022.

CAVALCANTI, L.C.S; CORRÊA, A. C. B. Geossistemas e Geografia do Brasil, *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 3-33, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgar Blucher Editores, 1999, p. 233.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P.; MEDEIROS. D. B. S. Proposta de classificação das paisagens integradas”. *Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)*, v. 1, n.1, p. 50 - 65, 2015.

DULLEY, R. D. 2004. Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. *Revista Agricultura*, v.51, n.2, p.15-26, 2004.

FAO. *Global Forest Resources Assessment*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations Editions. 2020. 190 p.

FIGUEIRÓ, A. S. Tradição e mudança em Geografia Física. In: FIGUEIRÓ, A. S; FOLETO, E. (Org.). *Diálogos em Geografia Física*. Santa Maria: Editora Universidade Federal Santa Maria, 2011, cap 1, p. 17-44.

FORMAN, R.T.; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: Wiley & Sons Editions, 1986, p. 648.

FROLOVA, M.; BERTRAND, C.; BERTRAND, G. Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 8, n.432, p. 1-5, 2003.

FROLOVA, M. Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?. *Revista Ería 70*, v.33, n.1, p. 225 – 235, 2006.

FROLOVA, M. From the Russian/Soviet landscape concept to the geosystem approach to integrative environmental studies in an international context. Land Scape Ecology. *Revista Springer B.V*, n.34, v.1, p. 1485-1552, 2018.

GEDDES, P. *Cities in Evolution*. London: Ernest Benn Limited, 1968, p. 448.

HAASE, G. et al. *Naturraumerkundung Und Landnutzung: Geochorologische Verfahren Zur Analyse, Kartierung Und Bewertung Von Naturraeumen (Beitraege zur Geographie)*. Berlin: Akademie-Verlag. 1991, p. 373.

MACHADO, F. S.; MOURA, A.S. *Educação, Meio Ambiente e Território*. Ponta Grossa: Editora Atena v.3. 2019, p. 270.

MARQUINA, J.; MOGOLLON, A. Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. **Revista Geográfica Venezolana**, v.59, n.1, p. 42-52, 2018.

METZGER, J. P. O que é a Ecologia da Paisagens?. **Revista Biota Neotrópica**, v.1, n.1, p. 1-9, 2001.

MUNFORD, L. **The culture of Cities**. New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc. 1970, p. 640.

NEVES, C. E. A Geografia Desconhecida de Georges Bertrand: Contribuições à Discussão e Aplicação do “Geossistema Complexo” no Brasil. **Revista de Estudos Geográficos**, v. 15, n. especial, p. 139-166. 2017.

ORTUZAR, L. S. **Introducción a la Planificación Territorial**. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Central. 2010, p. 134.

PASSOS, M. 2022. *As travessias bertrandianas à construção da geografia física*. Imprensa da Universidade de Coimbra. Disponível em: https://doi.org/10.14195/978-989-26-1343-7_6. / Acesso em Junho, 2022].

RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC. 2017, p. 222.

RODRIGUEZ, M. J. M.; SILVA, E. **Teoria de Geossistemas: o legado de V.B Sochava**. Caera: Editora Universidade Federal do Ceara. 2019, p. 176.

RUBIRA, G. F. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 45, 2016, p. 134-150.

SOCHAVA, V. B. **Introdução à Teoria dos Geossistemas**, (em russo). Novosibirsk: Editorial Nauka-filial de Sibéria, 1978, p. 318.

SOUZA, A. C.; BORGES, F.; MENDOÇA, M. 2021. Estudos de Paisagem integrada: episteme, evolução e aplicação. In: SOUZA, R.; CHAVES, A. M.; NASCIMENTO, S (Org.). **Geoecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas 1ed.**, São Paulo: Criação Editora-Aracaju. 2021. Cap. 2, p. 53-73.

SOLNETSEV, N.A. The natural geographic landscape and some of its general rules. In: WIENS, J.A.; MOSS, M.R.; TURNER, M.G.; MLADENOFF, D.J. **Foundation papers in Landscape Ecology**. Columbia: Columbia University Press. 2006. 2. p.19-27.

SUKOPP, H. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland, **Schr.-R. f. Vegetationskunde**, v.10, n. 1, p. 9-27, 1976.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. Quantitative methods in landscape ecology. An introduction. In: TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Org.) **Quantitative methods in landscape ecology, Vol.82**. New York: Springer Editions. 1991. Cap.1, p. 3-14.

STEINHARDT, U. *et al.* Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. *In:* PYKH, Y.A.; HYATT, D.E.; LENZ, R. J. (Org.). ***Environmental Indices – System Analysis Approach***. Oxford: EOLSS Publ., 1999, p. 237-254.

VALCARCEL, J. O. ***Los horizontes de la geografía: Teoría de la Geografía***. Barcelona: Editorial Ariel. 2000, p. 604.

VOLK, M.; STEINHARDT, U. Landscape and landscape ecology. *In:* BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. (Org.). ***Development and Perspectives of Landscape Ecology***, Germany: Ed. Springer Science+Business Media Dordrech. 2002. Cap.1, p. 7-47.

WALTZ, U.; LEIBNIZ, S. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. ***Journal for Nature Conservation***, v. 22, n.1, p.279–289, 2014.

4 ARTIGO 3- DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS MUDANÇAS DAS COBERTURAS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ (1988-2023), ESTADO DE RORAIMA, BRASIL.

Publicado na Revista MERCATOR, Fortaleza, v. 22, e22028, 2023. ISSN:1984-2201. Qualis Capes A1 (2017-2020, em Ciências Ambientais). Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e22028>

Dinámica espacial y temporal de los cambios de coberturas de la tierra en la Cuenca Hidrográfica del Rio Cauamé (1988-2023), Estado de Roraima, Brasil

Dinâmica espacial e temporal das mudanças das coberturas da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (1988-2023), Estado de Roraima, Brasil

Spatial and temporal dynamics of land cover changes in the watershed of the Cauamé River (1988-2023), Roraima State, Brazil

Vera, J. J. M. ^{a*} - Tavares, S. S. ^b - Beserra Neta, L. C. ^c

(a) Maestrado em Sensores remotos. ORCID: <http://orcid.org/0000-002-3248-8325>. LATTES: <https://lattes.cnpq.br/1524320128952480>.

(b) Maestrado em Sensores remotos. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7649-2994>. LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0353581810615756>.

(c) Doctorado en geología y geoquímica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0505-4895>. LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3757993213874983>.

Resumen

El estudio de la dinámica espacio - temporal en cualquier lugar de la superficie terrestre es muy importante, permitiendo el seguimiento y evaluación de los impactos socioambientales generados por las actividades antrópicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la dinámica espacio - temporal de los cambios en las coberturas de la tierra para la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé, Roraima, Brasil, para los años 1988, 2003 y 2023, con técnicas de Geoprocesamiento en imágenes Landsat, estimando las áreas que fueron afectadas por las actividades humanas durante este período, analizando también los factores que están incidiendo en estos cambios. Como resultados obtuvimos la presencia de un fuerte proceso de cambios, especialmente las coberturas de sabanas, sustituidas por cultivos y construcciones. Las sábanas ocupaban para el año 1988 un 72,27 % de la superficie total, disminuyendo en 2023 en 60,47 % de la superficie total, con una pérdida de 37.556 ha., Finalmente, se afirma que los cambios en las coberturas, los procesos de deforestación y la amplia remoción de coberturas de sabanas, son producto de actividades antropogénicas, debido a la presión que la población está ejerciendo dentro y fuera del área de la cuenca.

Palabras-Claves: Geoprocesamiento; Sabanas de Roraima; Recursos Naturales; Clasificaciones Digitales; Fotointerpretación.

Resumo

O estudo da dinâmica espaço-temporal em qualquer ponto da superfície terrestre é muito importante, permitindo o monitoramento e avaliação dos impactos socioambientais gerados pelas atividades antrópicas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica espaço-temporal das mudanças na cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, Roraima, Brasil, para os anos de 1988, 2003 e 2023, com técnicas de Geoprocessamento com imagens Landsat, estimando as áreas que foram afetadas por atividades antrópicas nesse período, analisando também os fatores que estão influenciando essas mudanças. Como resultados obtive a presença de um forte processo de mudança, principalmente as coberturas de savana, substituídas por

cultivos e edificações. As savanas ocupavam 72,27% da área total em 1988, diminuindo em 2023 em 60,47% da área total, com uma perda de 37.556 ha. Finalmente, afirma-se que as mudanças na cobertura, os processos de desmatamento e a remoção extensiva da cobertura de savana são produto de atividades antrópicas, devido à pressão que a população está exercendo dentro e fora da área da bacia.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Savannas de Roraima; Recursos naturais; Classificações Digitais; Fotointerpretação.

Abstract

The study of spatial -temporal dynamics anywhere on the earth's surface is very important, allowing the monitoring and evaluation of the socio-environmental impacts generated by anthropic activities. The objective of this research was to evaluate the spatial-temporal dynamics of changes in land cover for the Watershed Cauame River, Roraima, Brazil, for the years 1988, 2003 and 2023, with Geoprocessing techniques in Landsat images, estimating the areas that were affected by human activities during this period, also analysing the factors that are influencing these changes. As results we obtained the presence of a strong change process, especially the savanna covers, replaced by crops and buildings. The savannas occupied 72.27% of the total area in 1988, decreasing in 2023 by 60.47% of the total area, with a loss of 37,556 ha. Finally, it is stated that the changes in the coverage, the deforestation processes and the extensive removal of savanna coverage are the product of anthropogenic activities, due to the pressure that the population is exerting inside and outside of the basin area.

Keywords: Geoprocessing; Roraima Savanna; Natural Resources; Digital Classifications; Photointerpretation.

Introducción

Con las crecientes preocupaciones contemporáneas sobre el cambio climático, los problemas ambientales globales y la sostenibilidad ambiental, la ciencia del cambio de las coberturas de la tierra se ha convertido en una dirección científica única para abordar estos temas desafiantes (GUTMAN et al., 2004 ; RINDFUSS et al., 2004 ; TURNER et al. , 2007; ZHU et al, 2022). El cambio de la cubierta terrestre es un fenómeno generalizado causado por el cambio climático en las últimas décadas, consecuencia del rápido crecimiento de la población y la industrialización acelerada (GOLDEWIJK et al., 2017). Entonces la ciencia del cambio de coberturas de la tierra, es definida como:

El campo interdisciplinario que busca comprender la dinámica de la cobertura y el uso de la tierra como un sistema humano-ambiental acoplado para abordar la teoría, los conceptos, los modelos y las aplicaciones relevantes para los problemas socioambientales, incluida la intersección de los dos, y tiene muchos componentes, en los que uno de los componentes fundamentales y críticos es la observación, el

seguimiento y la caracterización del cambio de coberturas de la tierra (TURNER et al., 2007, p. 1).

La superficie terrestre, ha estado cambiando a un ritmo sin precedentes. Más de la mitad de la superficie terrestre libre de hielo, ha sido modificada por los humanos (ELLIS et al., 2010), y casi todas las superficies terrestres han sido influenciadas por el cambio climático y varios tipos de perturbaciones terrestres (DALE, 1997; POTTER et al., 2003; ZHU et al, 2022).

La teledetección, en particular la teledetección satelital, puede proporcionar mediciones sinópticas y repetidas de la superficie terrestre global a diferentes resoluciones espectrales, espaciales, radiométricas y temporales, siendo de gran importancia para estudiar el cambio global de la tierra (JUSTICE et al., 1998; ROY et al., 2014; SELLERS et al., 1995). En las últimas décadas, se han hecho grandes avances en el mapeo a gran escala de los cambios de la cobertura de la tierra, basados en datos de sensores remotos, debido a la creciente cantidad de satélites de observación de la tierra (BELWARD; SKØIEN, 2015; USTIN; MIDDLETON, 2021), sobre todo con la política de datos abiertos (WOODCOCK et al., 2008; WULDER et al., 2012; ZHU et al., 2019), con la disponibilidad de imágenes gratuitas de diferentes sensores satelitales.

Además, la información sobre cambios de la tierra ahora se puede monitorear casi en tiempo real (SHANG et al., 2022; TANG et al., 2020; VERBESSELT et al., 2012; XIN et al., 2013; YE et al, 2021), lo que mejora en gran medida su valor para los administradores de recursos y los encargados de formular políticas. También hemos sido testigos de una proliferación de algoritmos de clasificación del cambio de coberturas de la tierra (ZHU, 2017), que se centran principalmente en la información "desde-hasta", es decir, información sobre la cobertura de la tierra y/o el uso del suelo antes y después del cambio (HANSEN; LOVELAND, 2012; PRICOPE et al., 2019; YE et al, 2021). Cabe señalar que aunque la "cobertura de la tierra" (las propiedades físicas de la superficie de la Tierra) y el "uso del suelo" (la utilidad social, económica y cultural del suelo) son bastante distintos (TURNER, 1997), a menudo se agrupan en productos de teledetección, la "cobertura de la tierra" se usa generalmente como un sustituto para entender el "uso de la tierra", como la inclusión de tierras de cultivo y tierras urbanizadas en las categorías de cobertura de la tierra (ANDERSON et al., 1976). Teniendo en cuenta que los datos de teledetección proporcionan información sobre la cobertura de la tierra, en lugar de sobre el uso del suelo, a continuación, nos centraremos principalmente en los cambios de las coberturas de la tierra para esta investigación.

La Cuenca Hidrográfica del Rio Cauamé (CHRC) es considerada un importante territorio en función de sus múltiples usos, contribuyendo para el abastecimiento de agua en la Ciudad de Boa Vista, sus balnearios, la pesca y la captación de múltiples recursos para usos agrícolas y pecuarios (STRUKER et al., 2022).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica espacial y temporal de los cambios de coberturas de la tierra en la CHRC, del estado de Roraima, Brasil, con el uso de técnicas de Geoprocesamiento, para los años 1988, 2003 y 2023, cartografiando los cambios de coberturas de la tierra y calculando las áreas que fueron afectadas por las actividades humanas durante este periodo. Como también, se buscó analizar los factores que están incidiendo en estos cambios, como las deforestaciones y remociones de coberturas naturales, por coberturas antrópicas. De esta manera, se buscó responder a la pregunta, si estos cambios de coberturas de la tierra y el incremento de las áreas intervenidas (deforestaciones, remoción y sustitución de cubierta original), son producto de las actividades humanas en la CHRC en los últimos 35 años, como consecuencia del crecimiento natural de la población y las actividades agrícolas. Teniendo como hipótesis, de que esas poblaciones aumentan la presión en todos los recursos naturales en la misma, con la consecuente degradación de los mismos, con sus frecuentes impactos ambientales.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio abarca la Cuenca Hidrográfica del Rio Cauamé (CHRC), localizada al Nor-Este del Estado de Roraima, Brasil. Formando parte de dos importantes municipios: Alto Alegre y Boa Vista, dentro de las coordenadas UTM: 364.652,40 – 309.628,25 m. N y 765.590,45 – 681.146,52 m. E (Figura 1), con un área aproximada de 3.181,41 Km². El acceso al área de estudio se realiza por la carretera Manaus-Venezuela (BR-174), Boa Vista - Taiano (RR-342), Boa Vista - Alto Alegre (RR-205), como también existe vías locales que facilita el acceso al área de estudio.

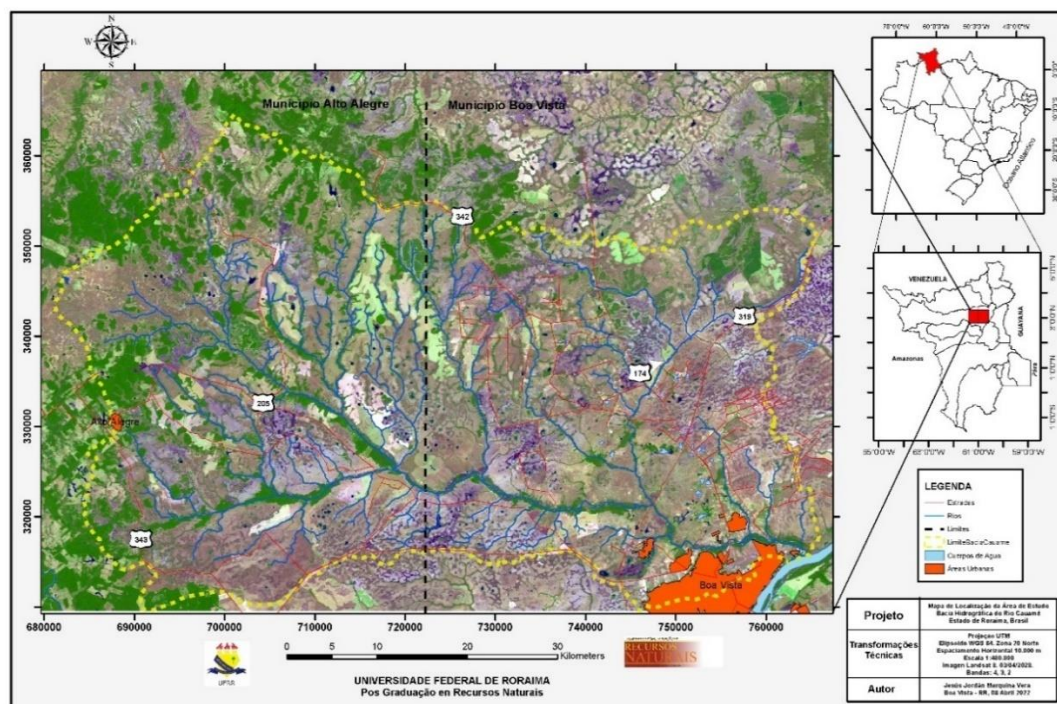


Figura 1- Mapa de localización geográfica de la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé (CHRC), Estado de Roraima, Brasil

Características geográficas generales

La CHRC, en su mayoría está inmersa en la gran extensión de sabanas, también denominadas “*Campos del Rio Branco*” o *Lavrado*”, este último término es muy común entre los moradores locales, y fue introducido en la literatura por Luciano Pereira en 1917, siendo un término de uso popular en la región. Sin embargo, los términos *lavrado*, cerrado y sabanas, son comúnmente usados para identificar el paisaje de vegetación abierta localizados en las fronteras de Brasil, Guayana y Venezuela. El proceso de construcción de este paisaje, está relacionado directamente a eventos tectónicos, y pasadas fluctuaciones de erosión y clima en la región (BARBOSA et al., 2007). Encontrándose situada sobre rocas precámbricas mesozoicas y cenozoicas del Cratón Guayanés contenidas por rocas volcánicas e intermedias del Grupo *Surumu*, basaltos y andesitos de la formación *Apoteri*, rocas supracrustales del Grupo *Cauarane*, ortogénesis de la Suíte Metamórfica Rio *Urubu* y sedimentos semi-consolidados de la Formación Boa Vista, en donde se encuentra la mayor parte del paisaje de sabanas, que es el resultado de un nivelamiento erosivo del Graven de *Takutu* con más de 2.000 m. de sedimentos derivados de la destrucción del remanente Grupo Roraima (COSTA et al., 2005).

En la CHRC, cuenta con varias unidades geomorfológicas a saber: *Patamar* de Interfluvio *Cauamé - Uraricoera*; Colinas y Morros de Alto y Medio *Cauamé*; Planicies y

terrazas fluviales del Río *Cauamé*; Relieves Residuales y la Depresión de Boa Vista. Con un relieve en su mayoría de plano a suavemente ondulado, con procesos predominante de acumulación de sedimentos (REIS NETO, 2007; REIS-NETO; COSTA, 2010). El clima de Roraima es característico de Sabanas Awi (tropical húmedo sin estación fría) según la clasificación de Köppen, con una precipitación media 1.612 ± 400 mm, los meses secos van desde diciembre hasta marzo (BARBOSA et al., 2007), con un pico pluviométrico en junio, y un periodo lluvioso comprendido desde abril hasta septiembre (BARNI et al., 2020). Con una vegetación predominantemente de sabanas, pero también existen: Bosques densos lluviosos, Bosques semidecíduos estacionales, sabanas parques (con arbustales), sabanas limpias (predominio de gramíneas), como también existen áreas de construcciones, cultivos y plantaciones forestales (BARBOSA et al., 2007). La cuenca tiene también muchos recursos hídricos; con varios afluentes de agua, que alimentan el Río Cauamé, con un conjunto de lagunas en toda su extensión, las cuales surgieron cuando el pleni-plano posterior a la formación Boa Vista aplano esa área dejando algunas depresiones, donde innumerables lagunas, por lo general de forma circular ocuparon esas depresiones aisladas (SIMÕES-FILHO et al., 2010), aunado al grande acuífero subterráneo de Boa Vista, con una gran variedad del recurso fauna que no ha sido catalogada y estudiada en su totalidad.

Delimitación del área de estudio

El área de la cuenca fue delimitada usando cuatro imágenes del sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de la NASA, descargadas del sitio web: <http://earthexplorer.usgs.gov>, el cual contiene información del Modelo Digital de Elevación (MDE), con resolución espacial de 30 m., luego se generó un mosaico de las imágenes con el software QGIS versión 3.28.5, siendo proyectadas a un sistema de coordenada WGS 84 UTM Zona 20 Norte. Posteriormente, se realizó una capa de pisos altitudinales con 20 rangos, delimitándose el área de la cuenca aplicando interpretación visual, con la ayuda de la capa de niveles altitudinales, las curvas de nivel y de fondo la imagen de *Google Earth* para obtener una mayor precisión. Terminado el polígono de la cuenca se procedió a calcular con el SIG el área total de la cuenca, siendo unos 3.181,41 Km² o sea 318.141 hectáreas (ha.), (Figura 2).

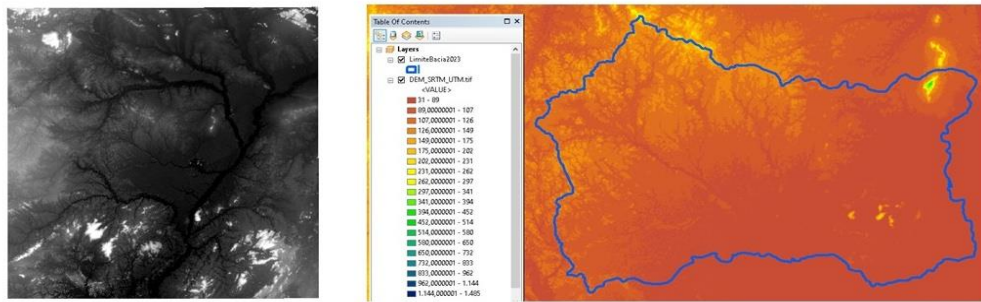


Figura 2 -Ejemplo de mosaico y la imagen clasificada (*Natural Break Method*)

Para hacer el análisis espacio-temporal de esta cuenca, fue necesario una serie de procedimientos técnicos, descritos a continuación:

Selección de las imágenes multiespectrales

Fueron descargadas imágenes del sensor Landsat 5, para el año 1988; para el año 2003 una imagen del sensor Landsat 7, y para el año 2023 una imagen del sensor Landsat 9, en conjunto con las imágenes del servicio de *Google Earth* 2023. Las imágenes Landsat fueron adquiridas del servidor de la NASA (<http://earthexplorer.usgs.gov>), y sus características principales se muestran en el Tabla 1.

Datos Espaciales (Sensor)	Fecha de Adquisición	Resolución Espacial	Resolución Radiométrica	Resolución Espectral	Nivel de Corrección	% de nubosidad de la escena
Landsat 5	1988/03/31	30 x 30 m.	8 bits	7 bandas	L1	2,00 %
Landsat 7	2003/01/28	30 x 30 m.	8 bits	8 bandas	L1	1,00 %
Landsat 9	2023/02/10	30 x 30 m.	16 bits	11 bandas	L1	1,40 %

Tabla 1 – Principales características del sensor *Landsat* (5,7 y 9)

Fuente: <http://www.earthexplorer.com>.

Preprocesamiento de las imágenes

Con el uso del software QGIS versión 3.28.5 (*Firenze*) se realizó la corrección atmosférica de las imágenes Landsat, aplicando el Método de Sustracción de Objetos Oscuros (DOS-1) propuesto por Chávez (1988), como también se realizó la transformación de radiancia a reflectancia con el complemento de Clasificación Semiautomática (*Semi-automatic classification plugin*) elaborado por Lucas Congedo (2021) para el software QGIS.

Trabajo de Campo

Para esta etapa se realizó la salida de campo a fin de identificar las diferentes coberturas, levantando un total de 17 puntos de control, usando GPS navegador (Garmin C62x), capturando imágenes verticales y horizontales con el uso de Dron y cámara semiprofesional digital SONY de 18x de zoom. En la Figura 3, se pueden observar algunos ejemplos de puntos de control tomados en campo.

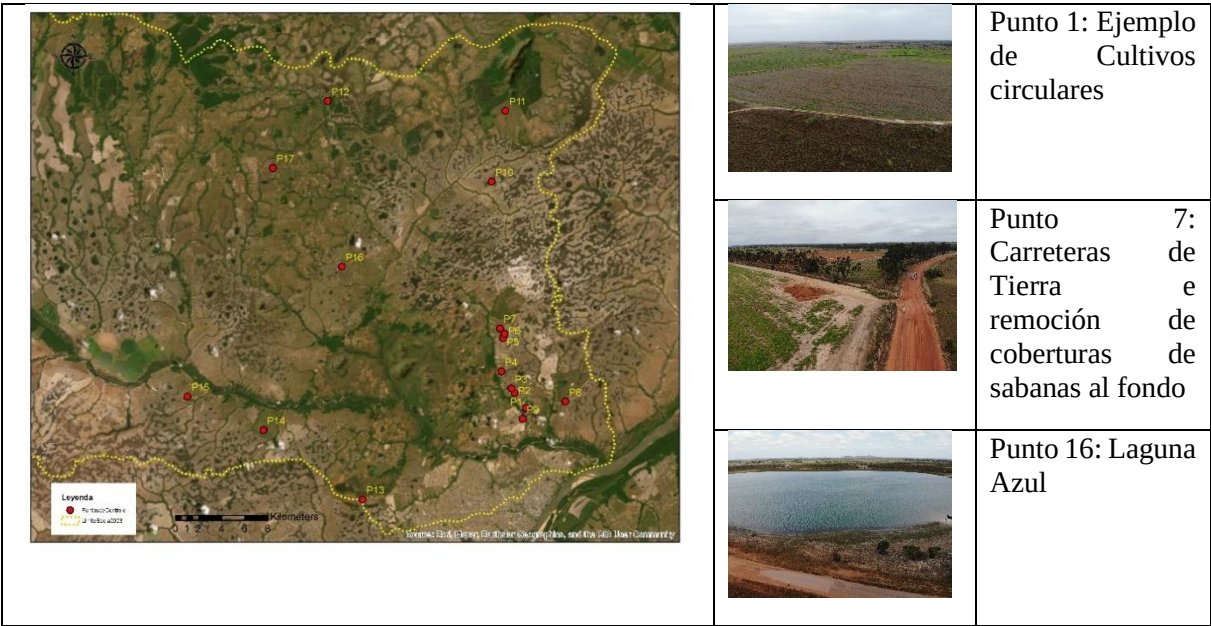


Figura 3. Puntos de control y algunas fotos en campo.

Post – procesamiento de las imágenes

En esta etapa se elaboró el acoplamiento de las imágenes (*Layer Stack*), para crear las imágenes en falso color. Seleccionándose las bandas que mejor representan las coberturas vegetales, siendo las bandas 4 (infrarrojo cercano), banda 3 (rojo) y la banda 2 (verde), esto para las imágenes Landsat 5 y 7 (MELO, 2005), mientras que para la imagen del Landsat 9 se seleccionaron las bandas 6 (infrarrojo cercano), 5 (rojo) y 4 (verde), respectivamente, y que posteriormente se realizó el corte de cada una de las imágenes con el límite vectorial de la cuenca.

Seguidamente, se aplicó la técnica de segmentación de las imágenes Landsat (*Segment Mean Shift Function*) (FUKUNAGA; HOSTETLER, 1975; ESRI, 2023), que agrupa un conjunto de píxeles adyacentes que tienen características espectrales similares en segmentos continuos, estableciéndose el nivel de importancia otorgado a las diferencias espectrales de la imagen, aquí se le dio un valor de 18, por cuanto el método establece un rango que oscila entre

10 y 20. Un valor alto es apropiado cuando se tiene categorías (coberturas) que se desean clasificar por separado, pero tienen características espectrales algo similares. Los valores más pequeños crean salidas espectralmente más suaves. Por ejemplo, con mayor detalle espectral en una escena boscosa, podrá tener una mayor discriminación entre las diferentes especies de árboles. En este trabajo se creó una nueva imagen ráster con 123 valúes (categorías). Con muy buen agrupamiento espectral de las categorías (Figura 4).

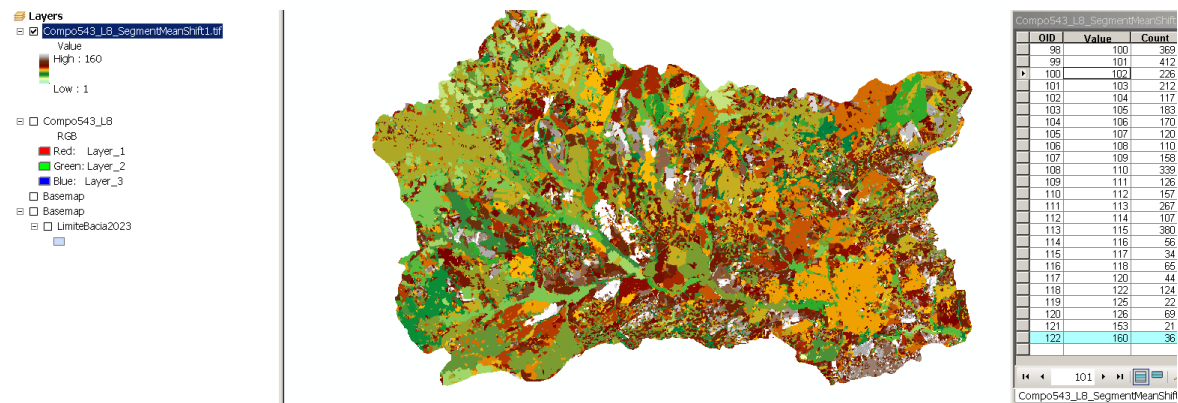


Figura 4-Ejemplo de la imagen creada con el Método *Segment Mean Shift*.

Posteriormente a cada una de estos 123 segmentos espectrales, se aplicó el método de clasificación supervisada de máxima verosimilitud (*Maximum Likelihood Classification*) de cada una de las categorías deseadas para los mapas de coberturas de la tierra, según la clasificación de coberturas propuestas por el IBGE (2012) (Figura 5).

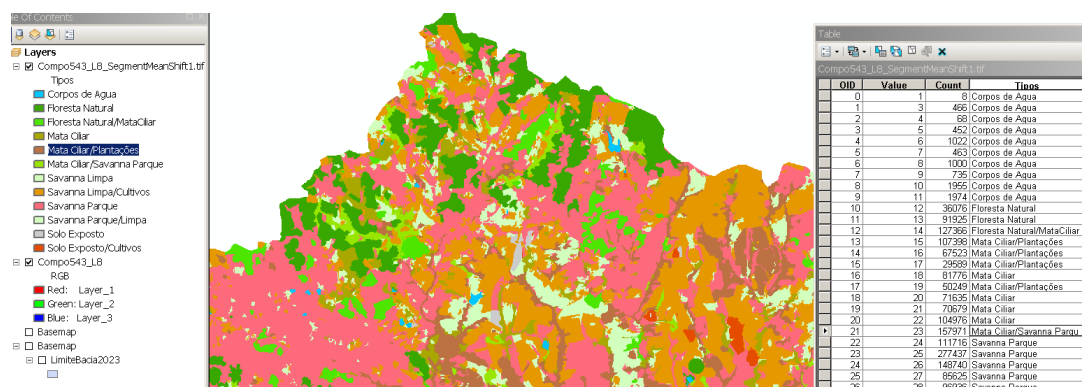


Figura 5 -Salida clasificada según el método de máxima verosimilitud

Es de notar que en algunos grupos no se logró separar espectralmente algunas categorías, por presentar respuestas espectrales muy similares. Dentro del número de categorías con segmentos más confusos tenemos: Sabanas Limpias con Cultivo (27), Suelos Expuesto con Cultivos (5) y Mata Ciliar con Plantaciones (4), como se muestra en la Tabla 2.

Clases	N de Segmentos	N pixeles
Bosque semideciduo/Mata Ciliar	1	127366
Mata Ciliar/Sabana Parque	1	157971
Floresta Natural	2	128001
Sabana Parque/Limpia	2	279996
Mata Ciliar	4	329066
Mata Ciliar/Plantaciones Forestales	4	254759
Sabana Limpia	5	303977
Suelo Expuesto/Cultivos	5	19502
Sabana Parque	7	938088
Cuerpos de agua	10	8143
Sabana Limpia/Cultivos	27	954264
Suelo Expuesto	55	44777
Total	123	3545910
Segmentos Confusos	40	32,5
Segmentos Ciertos	83	67,5

Tabla 2 -Clases, número de segmentos y pixeles generados posterior a la Clasificación Digital

Proceso de Edición de Vectores

Para alcanzar una mayor precisión en las coberturas de la tierra, se procedió a la vectorización del ráster con la herramienta para conversión de modelos ráster a modelos vectoriales (*Raster to Polygons*) donde se buscaron cuidadosamente las áreas (segmentos) que presentaban confusión, ajustándose visual y manualmente estos polígonos, apoyándonos con la imagen del Landsat 9 (2023) y las imágenes de *Google Satélite* 2023 (24/01/2023), alcanzando una precisión de cerca del 100% en la clasificación de las categorías (Figura 6). Para los años anteriores 2003 y 1988, se realizó el mismo procedimiento, de fotointerpretación visual con las imágenes Landsat 7 y 5 (Composición Falso Color Bandas 4,3,2, y aplicando realces espectrales), hasta lograr obtener los resultados deseados, en las coberturas para estos dos años.

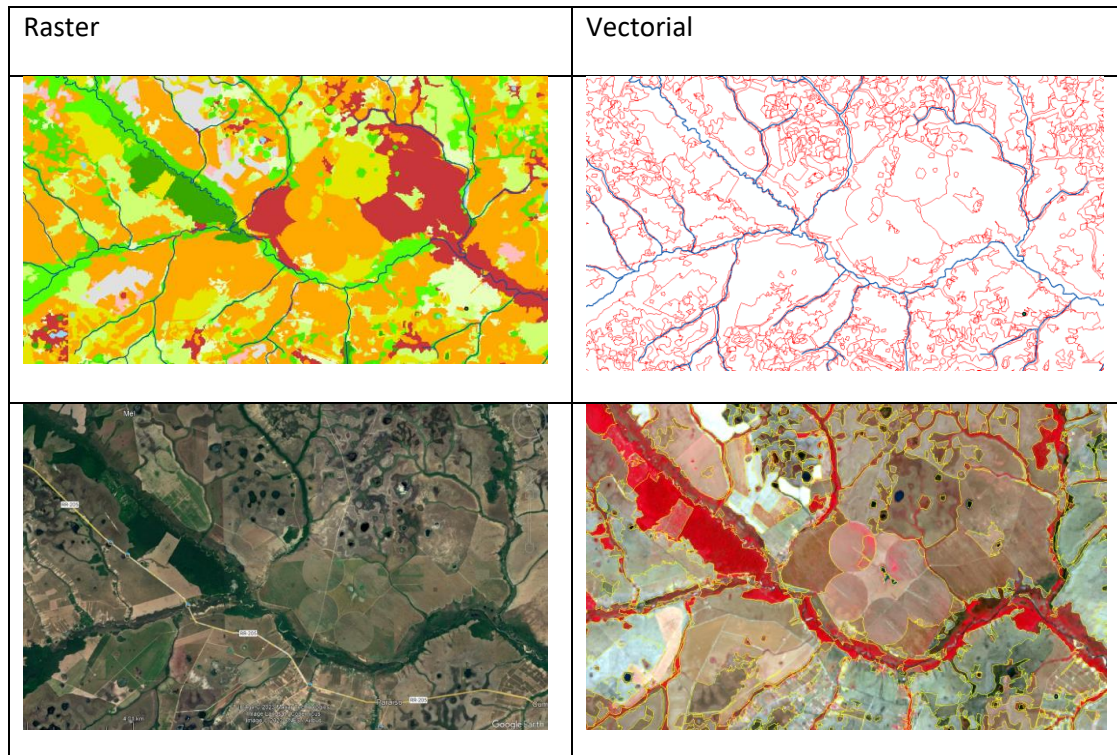


Figura 6- Ejemplo de Edición vectorial, segmentación, vectorización e interpretación

Luego de corregir manualmente todos los polígonos confusos para cada capa vectorial y para cada año de estudio, se procede a realizar la técnica de suavizado de vectores (*Smoot Polygons/Bezier Interpolation Algorithm*), para eliminar esos efectos sinuosos producto de la vectorización de los píxeles, el mismo procedimiento se realizó para los años anteriores, como también se vectorizó visualmente las redes viales para cada año en cuestión.

Cálculo de las áreas

Se agruparon los polígonos según sus categorías o coberturas de la tierra con el uso del SIG (*Merge Tool*), calculándose sus respectivas áreas en hectáreas (*Calculate Geometry*). Como también se calculó las longitudes de las redes viales en Kilómetros para cada año de estudio, posteriormente fue exportada en formato txt, para su organización y presentación gráfica con el software *Microsoft Excel*, para su correspondiente análisis.

Salidas Cartográficas

La información levantada para los mapas de coberturas de la tierra, fueron hechas con imágenes de satélites de los sensores de la serie Landsat (5, 7 y 9), las cuales tienen una resolución espacial en sus bandas multiespectrales de 30 m., permitiendo salidas cartográficas a nivel de reconocimiento, con una escala máxima de impresión de 1:50.000, pero con el uso de imágenes de *Google Earth Satellite*, se logró mejorar el detalle en la escala de levantamiento,

permitiendo salidas cartográficas a 1:10.000, con precisiones planimétricas de hasta 5 m. en las capas (*Shapefiles*) originales de este trabajo (MARQUINA; MOGOLLÓN, 2018).

Resultados

Los procesos de cambios y distribución espacial de las coberturas de la tierra fueron intensos estos últimos 35 años (1988 – 2023) en la cuenca, con una serie de modificaciones producto de las actividades humanas (Cultivos, Plantaciones Forestales, Pecuaria, Vialidades y Construcciones), tales como: deforestaciones de Bosques semidecíduos, Mata Ciliar y coberturas de Sabanas en general, procesos distribuidos en toda la cuenca. Siendo esta dinámica espacio-temporal explicada a continuación:

En 1988, se observaron ciertas modificaciones de las coberturas de la tierra producto de las actividades humanas, tales como: áreas de cultivos, amplias áreas de Pastizales Implantados de la actividad de ganadería extensiva para la fecha y un área menor de construcciones del plano urbano de la ciudad de Boa Vista (Figura 7).

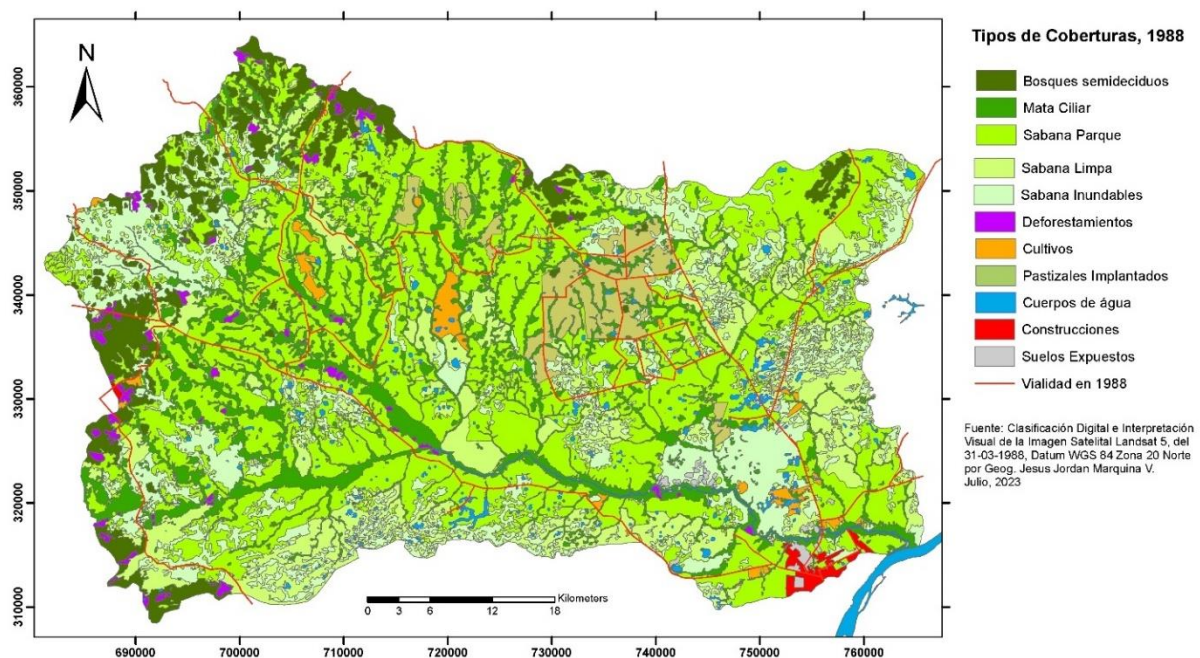


Figura 7- Mapa de Coberturas de la Tierra de la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé, 1988

Ya para el 2003, aparecen dos nuevas coberturas, que no existían en 1988 (Figura 8), tales como las Plantaciones Forestales y los cultivos circulares de soja, que requieren de una alta inversión y tecnificación, como también se observó el incremento del plano urbano de la

ciudad de Boa Vista y una mayor densificación de la vialidad (asfaltadas y de tierra), pasando de 512 Km en 1988, para 655 Km en 2003.

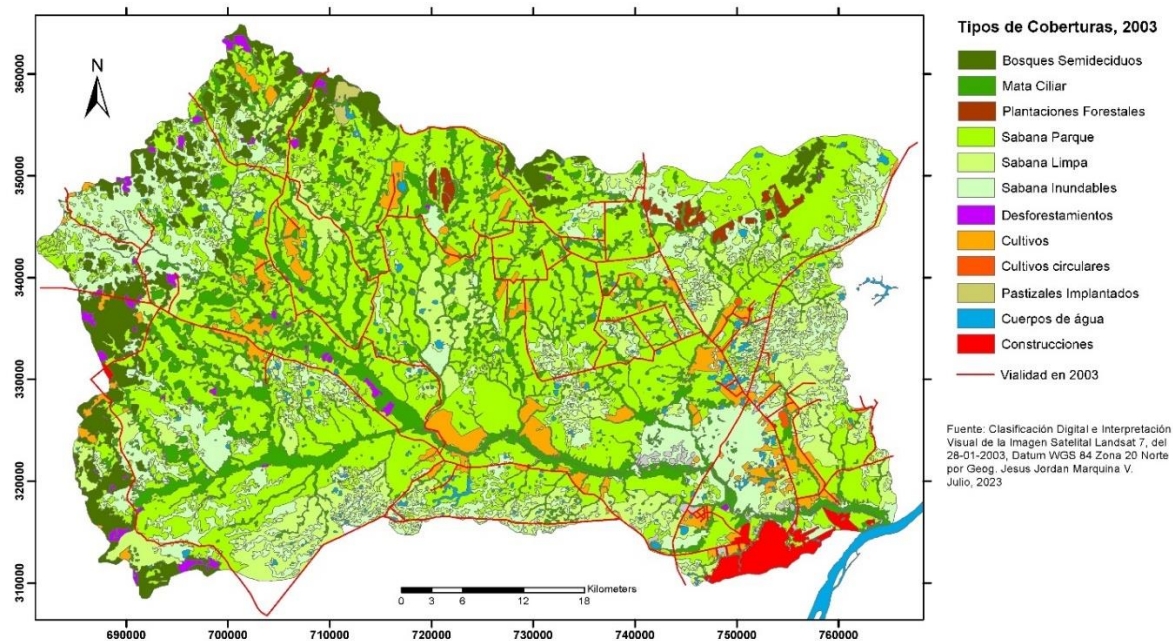


Figura 8- Mapa de Coberturas de la Tierra de la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé, 2003

Ya para el 2023, se observó una intensificación de los cambios en las coberturas de la tierra (Figura 9), aumentado las áreas de cultivos, las áreas de construcciones por la expansión urbana de la ciudad, con nuevos barrios periféricos y comunidades rurales, como también la densificación de la vialidad, pasando a 655 Km en 2003, densificándose en 2023 con unos 1.056 Km de vías (entre asfaltadas y de tierra). Siendo importante resaltar que para este año se reportaron varios incendios forestales como también la quema de amplias áreas de sabanas.

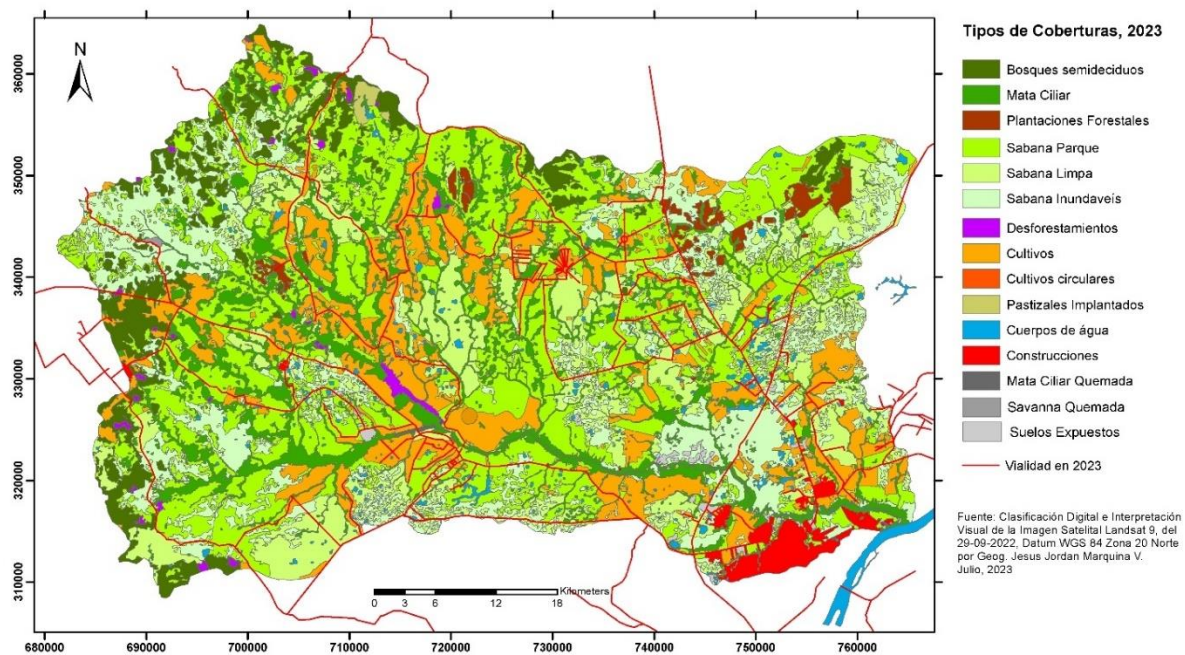


Figura 9- Mapa de Coberturas de la Tierra de la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé, 2023

En la Tabla 3, están presentes los resultados de las coberturas de la tierra de la CHRC, referente al periodo 1988 al 2023, para las clases: Bosques semidecíduos estacionales, Mata Ciliar (Bosques de Galería), Sabanas mixtas (que incluye: Sabanas parques, Sabanas limpias y Sabanas inundables), Cultivos, Plantaciones forestales, Suelos descubiertos, Construcciones y Cuerpos de agua.

Coberturas de la Tierra	Año 1988		Año 2003		Año 2023	
	ha.	%	ha.	%	ha.	%
Bosques Semidecíduos	20.163	6,34	20.408	6,41	19.639	6,17
Mata Ciliar	43.701	13,74	42.095	13,23	40.931	12,87
Plantaciones Forestales	0	0,00	2.079	0,65	4.202	1,32
Sábanas Mixtas	229.925	72,27	228.663	71,87	192.369	60,47
Pastizales implantados	10.849	3,41	544	0,17	705	0,22
Desforestamientos	3.168	1,00	2.277	0,72	1.955	0,61
Cultivos	3.781	1,19	13.020	4,09	47.203	14,84
Cultivos circulares	0	0,00	176	0,06	279	0,09
Suelos Descubiertos	1.209	0,38	1.073	0,34	1.491	0,47
Construcciones	1.532	0,48	3.906	1,23	5.323	1,67
Cuerpos de Agua	3.813	1,20	3.900	1,23	4.044	1,27
Total, de la Cuenca	318.141	100,00	318.141	100,00	318.141	100

Tabla 3 -Clases de cobertura de la tierra, para los años 1988, 2003 y 2023, en Hectáreas y %, para la Cuenca Hidrográfica del Río Cauamé (CHRC).

Los cambios de coberturas de la tierra en los últimos 35 años (1988 - 2023) han sido muy dinámicos, apreciándose la disminución progresiva de las coberturas naturales originales (Figura 10), tales como: Matas Ciliares, que para 1988 tenía una superficie de 43.701 ha., pasando en el 2023 a 40.931 ha., perdiendo una superficie de 2.770 ha. En cuanto a los Bosques semideciduos tuvo una pequeña recuperación, pasando de 20.163 en 1988, para 20.408 ha. en 2003, volviendo a disminuir en el 2023 con 19.639 ha.

Otra de las coberturas que han perdido mucha superficie en estos últimos 35 años, son las sábanas (parques, limpias e inundables), puesto que su superficie ha disminuido progresivamente por la implementación de cultivos principalmente y las construcciones en segundo plano, donde las coberturas de sabanas en el año 1988, contaban con un 72,27 % de la superficie total de la cuenca, disminuyendo en el 2023 a un 60,47 %, perdiendo una superficie de 37.556 ha.

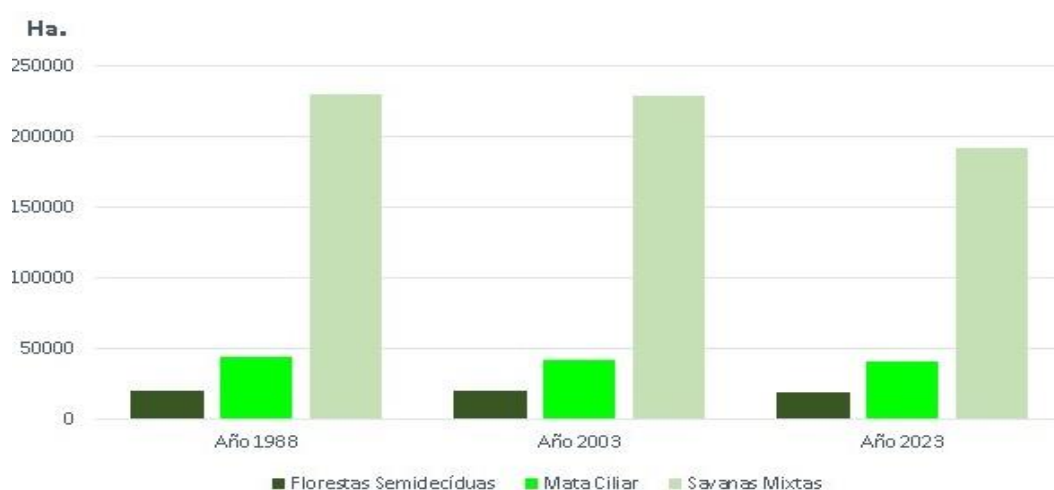


Figura 10 -Evolución de las coberturas naturales de la CHRC (1988 – 2023)

Una de las coberturas que ha incrementado exponencialmente su superficie producto de las acciones humanas, son los cultivos, donde en 1988 contaba con una superficie de 3.781 ha. (1,19 %), pasando a 13.020 ha. (4,09 %), en el 2003, y ya para el 2023, tiene una superficie total de 47.203 ha., con un 14,84 % de superficie de la cuenca. Esto sin anexar las superficies ocupadas por los cultivos circulares, siendo una actividad relativamente reciente (con altos recursos técnicos), donde en el 2003, contaba con 176 ha., y que para el año 2023, tiene una superficie de 279 ha, siendo la soja el principal cultivo.

Es importante destacar la presencia de Plantaciones Forestales, que en los últimos 24 años ha ganado importancia en la región, con especies de Acacia (*Acacia Mangium Willd*), como fuente de combustible maderero para las plantas eléctricas, suministrando energía a la

ciudad de Boa Vista. Donde en 2003 se estimó una superficie de 2.079 ha. de Acacias, aumentando para el 2023 en 4.202 ha., más del doble de la superficie del año 2003.

Otra de las coberturas que han incrementado exponencialmente su tamaño, son las construcciones, con el avance de la mancha urbana de la ciudad de Boa Vista con nuevos barrios periféricos, tales como: *Cidade Satelite, Nova Cidade, Pedra Pintada, João de Barro*, entre otras comunidades de poblamiento reciente distribuidas de la cuenca, por lo general comunidades indígenas. En donde, para 1988 tenía una superficie de 1.532 ha., pasando a 3.906 ha., para el año 2003, y ya para el 2023 cuenta con una superficie de 5.323 ha., de construcciones dentro de los límites de la cuenca (Figura 11).

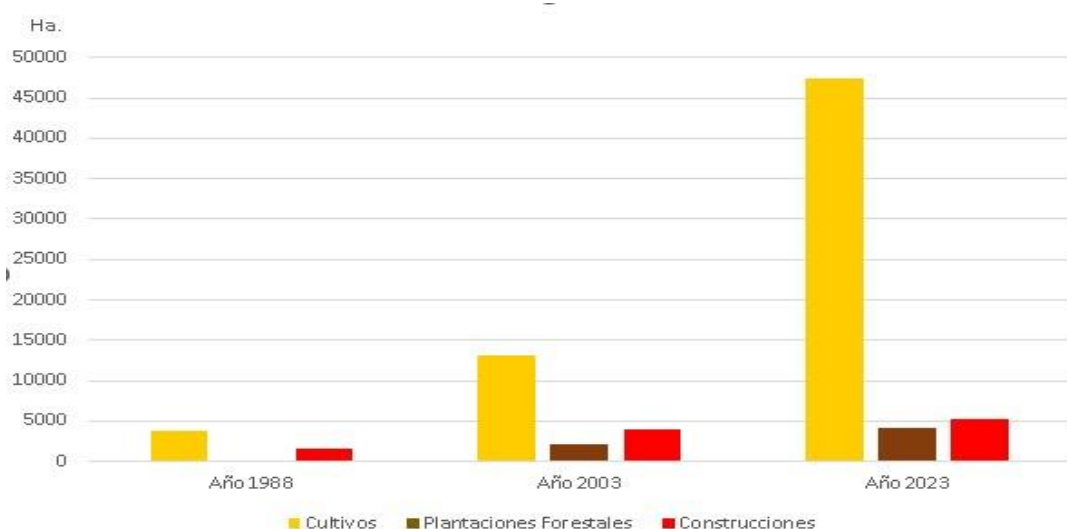


Figura 11-Evolución de algunas de las coberturas de la tierra artificializadas en la CHRC (1988 – 2023)

Otras coberturas que han cambiado producto de las acciones humanas en este periodo son los pastizales implantados, donde en 1988 ocupaba una superficie de 10.849 ha., disminuyendo progresivamente hasta el 2023 para 705 ha., siendo sustituidas por cultivos principalmente. Los cuerpos de agua también han aumentado en superficie progresivamente pasando de 3.813 ha. en 1988, luego 3.900 ha., en 2003 y finalmente con 4.044 ha., en 2023, fenómeno particular producto del represamiento de nacientes de agua en la construcción de embalses artificiales para sistemas de riego en los cultivos.

Discusiones

Una de las principales ventajas de hacer estudios multitemporales con sensores remotos, fue poder observar las dinámicas espacio – temporales de las coberturas de la tierra y verificar

así los procesos de deforestación e intervención humana en la CHRC, desde el año 1988 hasta el 2023. Por lo tanto, la cuenca paso por un proceso de transformaciones, con un área en su mayoría de cobertura natural (93,92 %) en el año 1988, reduciendo su superficie natural en un 81,25 % en el año 2023, cuestión que ha sido advertida por la FAO (2020), donde indica que en las últimas décadas se está presenciando una fuerte intervención humana en todos los espacios naturales a nivel mundial, cuestión que realmente es preocupante.

En relación a la metodología aplicada, es importante destacar que para estimar las coberturas de la tierra para cada año el margen de error no fue significativo, puesto que se aplicó técnicas de clasificación digital en las imágenes, con una posterior interpretación visual detallada para todas y cada una de las mismas, apoyándonos con el uso de las imágenes Landsat (5, 7 y 9) previamente corregidas y en composición de falso color, como también con el uso de imágenes temporales de alta resolución espacial de *Google Earth Satellite*, se ha logrado alcanzar una alta fidelidad en la interpretación, generando una cartografía de alta precisión. Esto no significa que no existan otros métodos con igual o mejor precisión para la realización de levantamientos de coberturas de la tierra que pueden ser usados para tal fin (LILLESAND et al, 2007). También, los levantamientos en campo nos permitieron determinar con mayor precisión la hipótesis que habíamos planteado en el inicio de la investigación, donde efectivamente el proceso de deforestación y cambios de coberturas de la tierra son ampliamente influenciados por la expansión urbana y por ende al crecimiento de la población, ejerciendo una fuerte presión sobre los recursos naturales de la cuenca, cuestión que responde a la pregunta inicialmente formulada.

Por lo tanto, el problema de cambios de usos de la tierra y degradación de recursos naturales causa grandes conflictos socioambientales, no solo en la CHRC, sino también en todo el mundo, ya que los paisajes naturales están siendo fuertemente intervenidas por las poblaciones en búsqueda de tierras y recursos forestales, situación que genera preocupación, puesto que cuando estos problemas ocurren es muy difícil su recuperación, y de acuerdo, con la evaluación de recursos forestales globales de la FAO (2020) se estimó que existe 726 millones de hectáreas de bosques en las áreas protegidas en todo el mundo, y que entre 1990 y 2020 fueron perdidas 420 millones de hectáreas de bosques debido a las deforestaciones, sin contar con áreas de sabanas naturales sustituidas por cultivos y pastos para la ganadería.

No obstante, con las investigaciones realizadas en campo se logró confirmar el estado actual de las diferentes coberturas, cuestión que no es nada satisfactorio (impactos negativos), pues tanto: coberturas de Bosques Semidecíduos, Mata Ciliar y Sabanas en general, están siendo taladas, quemadas o removidas para la implementación de diferentes usos agro-

económicos, tanto por las poblaciones locales o por empresas agro-industriales dentro de la cuenca. Por otra parte, se logró identificar impactos positivos, con la introducción de Plantaciones Forestales, iniciando realmente en 1999 por la empresa *Ouro Verde Agrosilvopastoril Ltda.* (SOUZA, 2014), incrementado su cobertura en los últimos años, donde los bosques plantados brindan servicios ecosistémicos importantes y representan recursos globales valiosos, como el secuestro de carbono y productos madereros (WINGFIELD et al., 2015 ; CHEN et al., 2019 ; FAO, 2020; WANG et al, 2022) apoyando el desarrollo desde el punto de vista económico regional (HANEWINKEL et al., 2013 ; WINGFIELD et al., 2015 ; HARRIS et al., 2021; WANG et al, 2022), como fuente de energía eléctrica para la ciudad de Boa Vista.

Por lo tanto, es importante continuar haciendo un seguimiento continuo de las dinámicas espacio – temporales de las coberturas de la tierra en la cuenca, apoyándose en técnicas de Geoprocesamiento, quedando de parte de los organismos gubernamentales los respectivos correctivos, en cuanto a la regulación y controles de nuevos usos de la tierra, en estos frágiles ecosistemas.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, podemos afirmar que los cambios en las coberturas de la tierra, los procesos de deforestación y la amplia remoción de coberturas de sabanas, son producto de las actividades antropogénicas, debido a la presión que la población está ejerciendo dentro y fuera de la CHRC. Esta presión es también ejercida por el acelerado crecimiento de la urbanización en constante expansión, motivada por la instalación de actividades turísticas y agroindustriales.

De esta manera, existe una fuerte presión sobre los recursos naturales de la CHRC, y si no se toman medidas en un periodo corto de tiempo se estarían generando toda una serie de problemas en las próximas décadas, tales como: la pérdida de biodiversidad, contaminación de fuentes hídricas, degradación de suelos y muchos otros problemas de carácter socioambiental, siendo importante realizar un Plan de Ordenamiento Territorial o Ambiental, con su respectiva regularización y reglamentación en los usos de la tierra, a un nivel y escala de levantamiento detallado para esta importante cuenca.

Agradecimientos

De manera muy especial a la Organización de Estados Americanos (OEA) y al Grupo de Cooperación Internacional de Universidades Brasileñas (GCUB) (Programa PAEC), por

haberme otorgado el beneficio de Becario Académico. También un especial agradecimiento a la Universidad Federal de Roraima (UFRR), en su Programa de Posgraduación en Ciencias Ambientales (Recursos Naturales) (PRONAT), por haber brindado el apoyo institucional para llevar a cabo este valioso trabajo.

Bibliografía

ANDERSON, J.R., *et al.* A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Government printing office (US geological survey. Professional Paper 964), Washington, DC, v. 1, n.1, p 1-34, 1976. Disponível em: <https://doi.org/10.3133/pp964>. Acesso em: 10 Jul. 2023.

BARBOSA, R. I., *et al.* The “*Lavrados*” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil Amazonian Savannas. In: Global Science Books. **Functional Ecosystem and Communities.**, v.1, n.1, p. 29-41, 2007.

BARNI, P. E., *et al.* Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Revista Sociedade e Natureza**. Uberlândia, v.32, n.1, p 439 – 456, 2020.

BELWARD, A.S.; SKØIEN, J.O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. **ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.** 103, 115–128, 2015.

CHAVEZ, P. J. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. **REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT**. New York U.S, v. 24, n. 1, p. 459-479, 1988.

CHEN, T. *et al.* China and India lead in greening of the world through land-use management. **Nature Sustainability**, London-New York, v.2, n.1, p. 122-129, 2019.

CONGEDO, L. Complemento de clasificación semiautomática: una herramienta de Python para la descarga y el procesamiento de imágenes de detección remota en QGIS. **Revista de software de código abierto**, v. 6, n. 64, 2021.

COSTA, J.A.V.; SCHAEFER, C. E.; VALE JÚNIOR, J.F. Aspectos geológicos geomorfológicos do Estado de Roraima. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, n. 32, p. 11-14, 2005.

DALE, V.H. The relationship between land-use change and climate change. **Ecology Application**, v. 7, n. 1, p. 753–769, 1997.

ELLIS, E.C. *et al.*, 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology Biogeography*, v. 19, p. 589–606, 2010.

ESRI (2023). Environmental Systems Research Institute, Inc. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/segment-mean-shift-function.htm#ESRI_SECTION1_833311C0BD9A4231B4105F8888ECDDE1

FAO. **Global Forest Resources Assessment**, Roma-Itália: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. 190 p.

FUKUNAGA, E.; HOSTETLER, L. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern – Recognition. **IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY**, v. 21, n.1. p. 32 - 40, 1975.

GOLDEWIJK, K. K. et al. Anthropogenic land use estimates for the Holocene–HYDE 3.2. **Earth Syst Sci**, v. 9, n. 1, p. 927–953, 2017.

GUTMAN, G. et al. (Ed.). **Land change science: observing, monitoring and understanding trajectories of change on the earth’s surface**. Springer Science & Business Media, 2004.

HANEWINKEl, M. *et al.* Climate change may cause several loss in the economic value of European forest. **Nature Climatic Change**, London, v.3, n. 3, p. 203-207, 2013.

HANSEN, M.C.; LOVELAND, T.R., 2012. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. **Remote Sens. Environment**, v. 122, p. 66–74, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.024>. Acesso em: 10 Jul. 2023.

HARRIS, N. L. *et al.* Global maps of twenty – first century forest carbon fluxes. **Nature Climatic Change**, London, v.11, n.1, p. 234-240, 2021.

IBGE. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2012. 271 p.

JUSTICE, C.O., *et al.* The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Trans. Geoscience of Remote Sensing**, v. 36, p. 1228–1249, 1998.

LILLESAND, T.; KIEFER, R.; CHIPMAM, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. New York: John Wiley & Sons. 2015. 770 p.

MARQUINA, J; MOGOLLÓN, A. Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. **Revista Geográfica Venezolana**. Mérida, v.50, n.1, p. 42 – 52, 2018.

MELO, L.H. **Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra**. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2005, 156 p.

POTTER, C. *et al.* Major disturbance events in terrestrial ecosystems detected using global satellite data sets. **Global Change Biology**, v. 9, p. 1005–1021, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00648.x>. Acesso em: 5 jul. 2023.

PRICOPE, N.G., MAPES, K.L., WOODWARD, K.D. Remote sensing of human–environment interactions in global change research: a review of advances, challenges and future directions. **Remote Sensing**, v.11. n. 23, p. 2783, 2019.

REIS NETO, R. A.; COSTA, J. A. MAPEAMENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA BACIA DO RIO CAUAMÉ – RR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Curitiba-Paraná. v. 11, nº 2, p. 1 – 8, 2010.

REIS NETO, Rainmundo Alves. **Geomorfologia e neotectônica da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2007.

RINDFUSS, R.R. et al. Developing a science of land change: challenges and methodological issues. **Proceeding of Natural Academy of Science.**, v.101, n, 1, p. 13976–13981, 2004.

ROY, D.P., *et al.* Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v.145, p. 154–172, 2014.

SELLERS, P.J. *et al.* Remote sensing of the land surface for studies of global change: Models—algorithms—experiments. **Remote Sensing of Environment**. 51, 3–26, 1995.

SHANG, R., 2022. Near-real-time monitoring of land disturbance with harmonized Landsats 7–8 and Sentinel-2 data. **Remote Sensing of Environment**, v. 278, n. 1, p. 1 -15, 2022.

SIMÕES-FILHO, F.L; TURCQ, B; SIFEDDINE, A. Mudanças paleoambientais do contato Floresta-Savana de Roraima durante o Holoceno. En: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (org). **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Boa Vista: FEMACT, 2010. p. 1-170.

STRUKER, D.; BESERRA, L. C. N.; TAVAREZ. E. S. J. Compartimentação da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, RR: uma análise da fragilidade á erosão do solo. En: WANKLER, F. et al (Org.). A Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé. Boa Vista: ProfAgua/UFRR. 2022. p. 21 – 37.

SOUZA, Sidney Araújo. **Efeito do plantio de *Acacia Mangium Willd.* (fabaceae) sobre a riqueza e diversidade arbórea em áreas de savana na amazônia setentrional**. Dissertação (mestrado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2014.

TANG, X., *et al.* Can VIIRS continue the legacy of MODIS for near real-time monitoring of tropical forest disturbance?. **Remote Sensing of Environment**, v. 249, 2020.

TURNER, B.L. The sustainability principle in global agendas: implications for understanding land-use/cover change. **The Geography Journal**, v. 163, n. 2, p. 133–140, 1997.

TURNER, B.L., LAMBIN, E.F., REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 104, n.1, p. 20666–20671, 2007.

USTIN, S.L.; MIDDLETON, E.M. Current and near-term advances in Earth observation for ecological applications. *Ecol. Process.* 10, 1–57, 2012.

VERBESSELT, J., ZEILEIS, A., HEROLD, M. Near real-time disturbance detection using satellite image time series. **Remote Sensing of Environment**, v. 123, p. 98–108, 2012.

WANG, M. et al. Assessing Landsat-8 and Sentinel-2 spectral-temporal features for mapping tree species of northern plantation forests in Heilongjiang Province, China. **Forest Ecosystems**, v. 9, n. 1, 2022.

WINGFIELD, M. J; BROCKERHOFF, B. D; WINGFIELD, B. S. Plantation Forest health: the need for a global strategy. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 832-836, 2015.

WOODCOCK, C.E. et al. Free access to Landsat imagery. **Science**, v. 320, n. 5879, p. 1011, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.320.5879.1011a>. Acesso em: 5 de jul. 2023.

WULDER, M.A. et al. Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. **Remote Sensing of Environment**, v. 122, p. 2–10, 2012.

XIN, Q.C., et al. Toward near real-time monitoring of forest disturbance by fusion of MODIS and Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v. 135, p. 234–247, 2013.

YE, S., et al. A near-real-time approach for monitoring forest disturbance using Landsat time series: Stochastic continuous change detection. **Remote Sensing of Environment**, v. 252, p. 1-17, 2021.

ZHE, Z.; SHI, Q.; SU, Y. Remote sensing of land change: A multifaceted perspective. **Remote Sensing of Environment**, v. 282, n., p. 1-20, 2022.

ZHU, Z. Change detection using Landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications. **ISPRS J. Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 130, p. 370–384, 2017.

ZHU, Z. Change detection using Landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications. **ISPRS J. Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 130, p. 370–384, 2017.

ZHU, Z. et al. Benefits of the free and open Landsat data policy. **Remote Sensing of Environment**, v. 224, p. 382–385, 2019.

**5 ARTIGO 4- HETEROGENEIDADES DA PAISAGEM NA DEFINIÇÃO DE
UNIDADES GEOCOMPLEXAS NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CAUAMÉ, RR, BRASIL.**

Artigo submetido no Boletim Goiano de Geografia em julho de 2024. Qualis Capes A2
(2017-2020, em Ciências Ambientais).

HETEROGENEIDADES DA PAISAGEM NA DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOCOMPLEXAS NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ, RR, BRASIL.

Landscape heterogeneities in the definition of geocomplex units in the *Cauamé* River Hydrographic Basin region, RR, Brazil.

Heterogeneidades del paisaje en la definición de unidades geocomplejas en la región de la Cuenca Hidrográfica del Río *Cauamé*, RR, Brasil.

Resumo

A crescente intervenção antrópica das sociedades em diferentes paisagens proporciona a necessidade de ter uma cartografia precisa e atualizada dos elementos físico-bióticos em qualquer unidade da superfície terrestre. Atualmente, o uso de geotecnologias tornou possível a obtenção de uma base atualizada desses recursos naturais para fins de ordenamento territorial. O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização semi-detalhada dos elementos físico-bióticos, com a delimitação de unidades geocomplexas, através da definição de seus níveis de heterogeneidade paisagística e análise de sua estrutura horizontal e vertical. A partir da aplicação de técnicas de processamento de imagens *Landsat* e do Modelo Digital de Elevação (DEM) em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIGs), para integração cartográfica dos componentes da paisagem, obteve-se o perfil transversal da estrutura vertical. Resultados mais realistas são obtidos com o uso dessas geotecnologias, como meio auxiliar ao planejamento territorial e conservação dos recursos naturais da região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), no estado de Roraima, Brasil.

Palavras-chaves: Geoecologia; Geossistema; Estrutura da Paisagem; Geoprocessamento.

Abstract

The growing anthropogenic intervention of societies in different landscapes makes it necessary to have accurate and up-to-date mapping of the physical-biotic elements in any unit of the earth's surface. Nowadays, the use of geotechnologies has made it possible to obtain an up-to-date database of these natural resources for land-use planning purposes. The aim of this work was to carry out a semi-detailed characterization of the physical-biotic elements, delimiting geocomplex units by defining their levels of landscape heterogeneity and analyzing their horizontal and vertical structure. The cross-sectional profile of the vertical structure was obtained from the application of Landsat image processing techniques and the Digital Elevation Model (DEM) in a geographic information systems (GIS) environment for cartographic integration of the landscape components. More realistic results are obtained with the use of these geotechnologies, as an aid to territorial planning and the conservation of natural resources in the *Cauamé* River Hydrography Basin (CRHB) region, in the Roraima State, Brazil.

Keywords: Geoecology; Geosystem; Landscape Structure; Geoprocessing.

Resumen

La creciente intervención antrópica de las sociedades en diferentes paisajes, genera la necesidad de tener una cartografía precisa y actualizada de los elementos físico-bióticos en cualquier unidad de la superficie terrestre. Actualmente, el uso de geo-tecnologías torna posible la obtención de una base actualizada de esos recursos naturales con fines de ordenamiento territorial. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización semidetallada de los elementos físico-bióticos, con la delimitación de las unidades geocomplejas, a través de la definición de sus niveles de heterogeneidad paisajística y el análisis de su estructura horizontal y vertical. A partir de la aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes Landsat y del Modelo de Elevación Digital (DEM), en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la integración cartográfica de los componentes del paisaje, obteniéndose el perfil transversal de la estructura vertical. Resultados más reales son obtenidos con el uso de estas tecnologías, como medio auxiliar en la Planificación territorial y conservación de los recursos naturales en la región de la Cuenca Hidrográfica del Río *Cauamé* (CHRC), en el estado de Roraima, Brasil.

Palabras Claves: Geoecología; Geo-sistema; Estructura del Paisaje; Geoprosesamiento.

Introdução

A ciência geográfica sempre se preocupou em dividir a superfície terrestre em unidades distinguíveis, cujas características, recursos naturais e fragilidades possam ser descritos num contexto bem definido e delimitado (Rodriguez et al., 2017, p. 20). Uma das preocupações na atualidade é conseguir definir unidades geográficas com características semelhantes para fins de ordenamento territorial e que esse ordenamento permita de alguma forma reduzir os impactos ambientais negativos, com a frequente degradação dos recursos naturais das paisagens.

Sendo a paisagem segundo Bertrand (2004, p. 141) como:

uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

E que a mesma pode ser classificada e hierarquizada em diferentes escalas de grandezas têmporo-espacial.

A definição de unidades geocomplexas como uma das escalas de grandezas é uma das opções para delimitar as estruturas da paisagem e são definidas como:

áreas geneticamente homogêneas, com repetição regular de combinações inter-relacionadas da estrutura geológica, formas de relevo, águas superficiais e subterrâneas, microclimas, solos, fito e zoocenoses (Solnetsev, 1948 *apud* Cavalcanti e Corrêa, 2016, p. 8).

Na abordagem desses elementos, a ecologia da paisagem aborda “o estudo da estrutura, função e mudança das áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos” (Forman; Godron, 1986; Metzger, 2000, p. 3). Onde este trabalho orienta-se ao estudo da estrutura, que é produto do relacionamento espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes. Mais especificamente, é como o arranjo ou padrão espacial da paisagem (descritos pelos tamanhos, formas, números e tipos de configurações dos ecossistemas) (Forman e Godron, 1986; Soares-Filho, 1998, p. 8).

O principal interesse da análise que justifica este trabalho, está relacionado com o estudo da heterogeneidade geral da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC). Não obstante, o reconhecimento da homogeneidade ou heterogeneidade de um objeto está diretamente ligado à questão da escala: “Praticamente qualquer porção de terra é homogênea numa escala mais abrangente e heterogênea quando é vista numa escala mais detalhada” (Metzger, 2001, p. 4). Por conseguinte, são abordadas as formas de representação de uma paisagem, usando-se a capacidade de abstração do geoprocessamento.

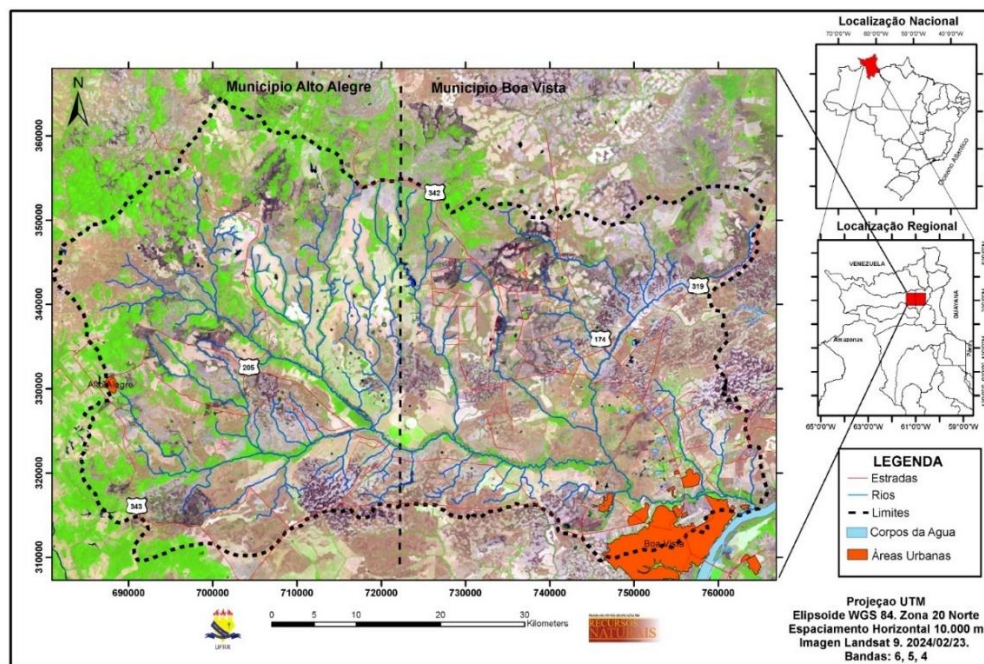
O problema principal que enfrenta do ponto de vista científico-técnico a BHRC, é a carência de uma cartografia numa escala mais detalhada das estrutura físico-biótica da paisagem, e que a mesma seja integrada e organizada segundo o sistema taxonômico e hierárquico (Bertrand, 1968, Bertrand, 2004, Souza et al, 2021). Tendo como objetivo principal definir a estrutura da paisagem na bacia, com uma caracterização semi-detalhada dos elementos físico-bióticos, com sua integração cartográfica e a classificação dos níveis de heterogeneidade conforme unidades espaciais menores, indicando a estrutura horizontal. Como também, sua estrutura vertical, delimitando as unidades geocomplexas de acordo com sua escala e hierarquia. Formulando como hipótese, se é possível diferenciar cartograficamente e graficamente as estruturas da paisagem (horizontal e vertical) em paisagens das savanas roraimenses, desde a perspectiva da ecologia da paisagem, aplicando técnicas de geoprocessamento na BHRC.

Material e métodos

Localização da área de estudo

A área foco deste trabalho é a região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC) situada na porção Norte-Nordeste do Estado de Roraima-Brasil, formando parte de dois municípios importantes: Alto Alegre e Boa Vista, entre as coordenadas UTM: 364652,40 - 309628,25 N e 765590,45 – 681146,52 E (Figura 1), com uma área aproximada de 3.181 Km². O acesso à área de estudo se faz pelas rodovias Manaus - Venezuela (BR-174), Boa Vista - Taiano (RR-342), Boa Vista - Alto Alegre (RR-205), além das vias locais que facilitam o acesso a área de estudo.

Figura 1: Localização da Área de Estudo, contorno em linha pontilhada corresponde ao limite da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé.



Fonte: Os Autores.

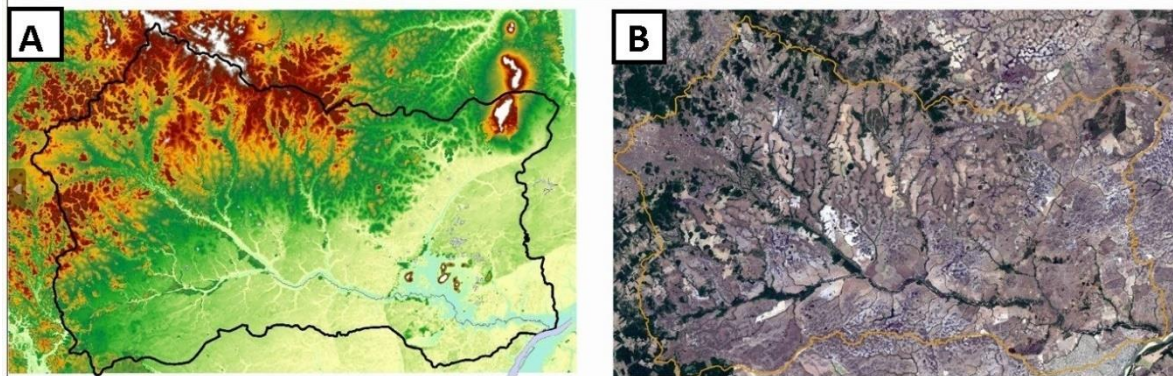
Procedimentos Metodológicos

Na caracterização individual dos elementos físico-bióticos da paisagem (Geologia, Relevo, Solos, Hidrografia, Cobertura e Usos da Terra), num nível de levantamento na escala 1:100.000, com uma unidade cartográfica mínima de $\frac{1}{4}$ cm² (25 ha., no terreno), onde as imagens *Landsat* com 30 m de resolução espacial permite gerar cartografia e atualização para escala 1:100.000 (Vera e Mogollón, 2018, p. 48), para isso foi realizada toda uma série de procedimentos e técnicas em geoprocessamento, para cada um dos diferentes mapas, usando-se como método principal as técnicas em fotointerpretação de imagens satelitais, com a posterior edição e compilação para cada um dos elementos da paisagem, questão que levou um trabalho minucioso em poder levar de escalas menores a escalas maiores com o uso da Fotointerpretação, Sistemas de Informação Geográficas (SIG) e validação em campo, questões que são resumidas a seguir.

Para o Mapa Geológico utilizou-se como fonte o Mapa Geológico do Estado de Roraima, escala 1:1.000.000 do Serviço Geológico de Brasil (CPRM, 2023), fazendo os respectivos ajustes de interpretação e edição para escala 1:100.000 sendo usado como base o Modelo Digital de Elevação (DEM, *Digital Elevation Model*) do *Copernicus 30 m*, adquiridos do site web: <https://opentopography.org/>, de San Diego Supercomputer Center e University of California San Diego (ESA, 2021), com boa precisão e a Imagem *Landsat 9* do 23/02/2024

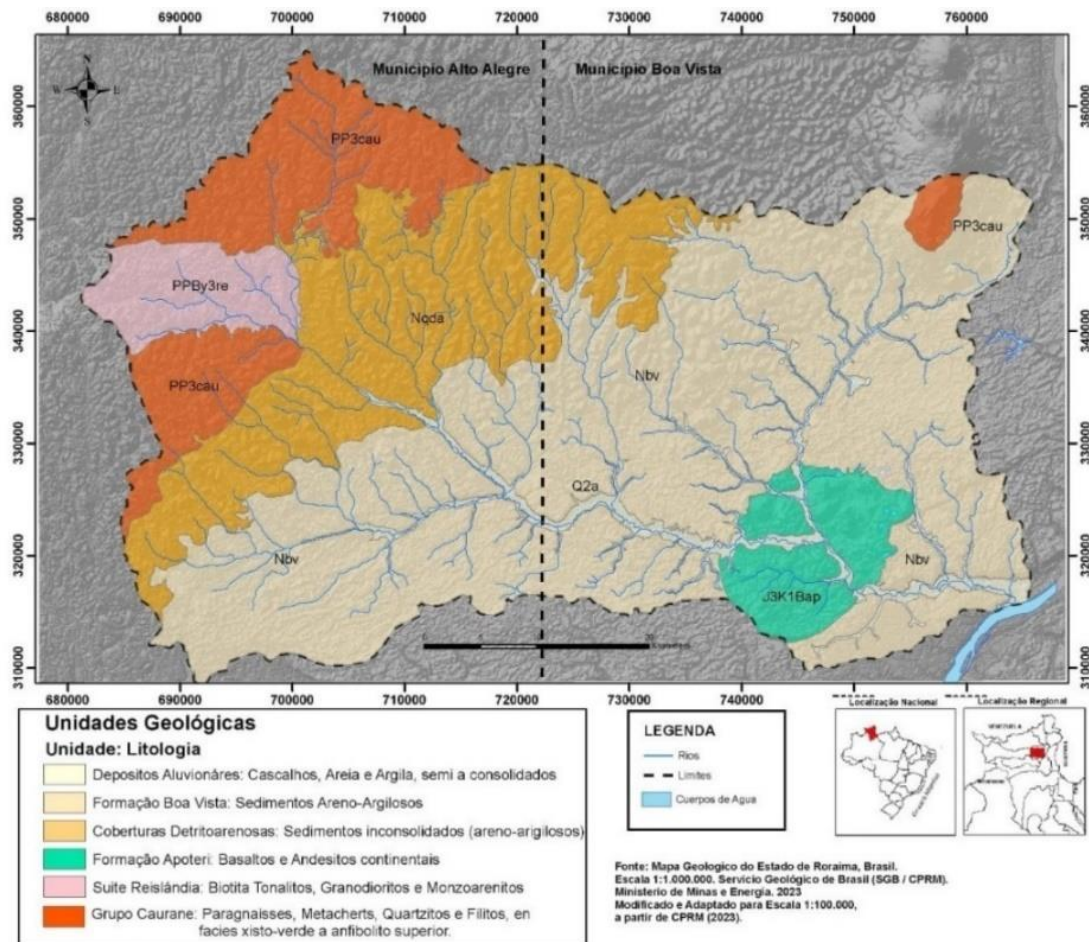
obtida da site web: *earthexplorer.usgs.gov*, com 30 m. de resolução espacial nas bandas multiespectrais.

Figura 2: (A) Imagem de altimetria a partir do DEM/Copernicus e (B) imagem na composição colorida do sensor OLI/Landsat 9 (P.232/R.58), com destaque ao limite da região da BHRC.



Fonte: Os Autores.

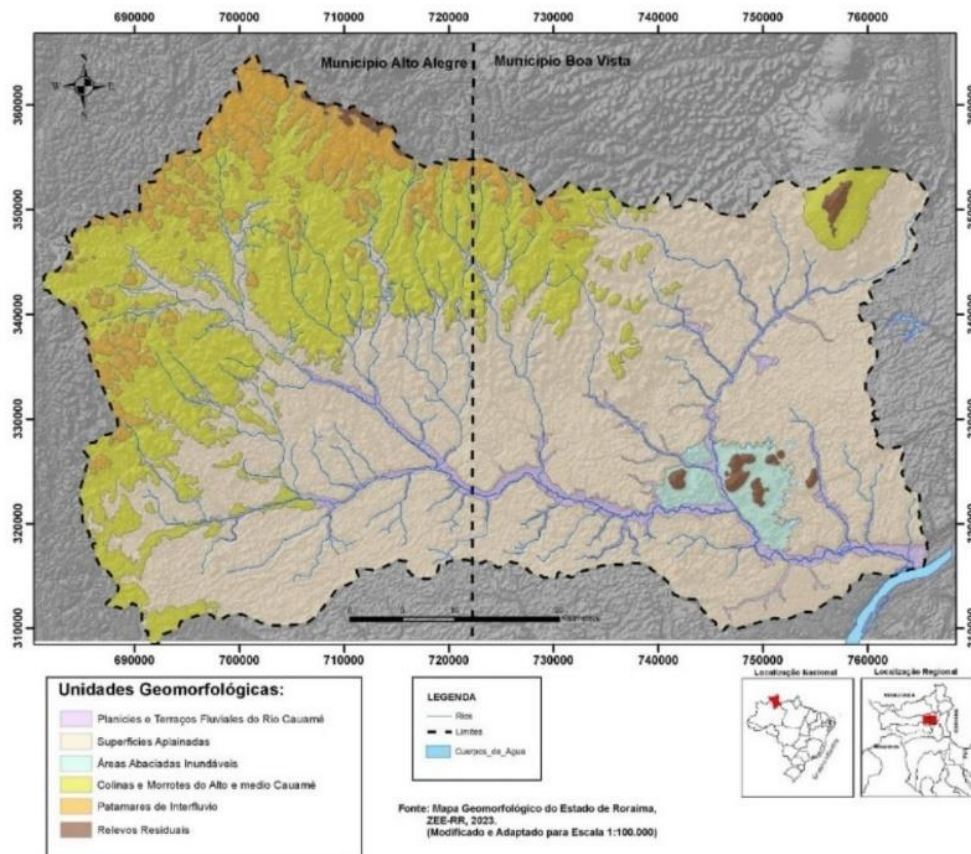
Figura 3: Mapa Geológico da região da BHRC.



Fonte: Modificado e adaptado do CPRM (2023).

Para o Mapa Geomorfológico utilizou-se como fonte de informação os mapas de unidades geomorfológicas elaborado por ZEE-RR (2023) com escala 1:850.00, onde os polígonos foram digitalizados novamente com o uso da interpretação do DEM e as linhas de contorno geradas com o SIG cada 10 metros de equidistância, melhorando a precisão e a escala do mapa (Figura 4).

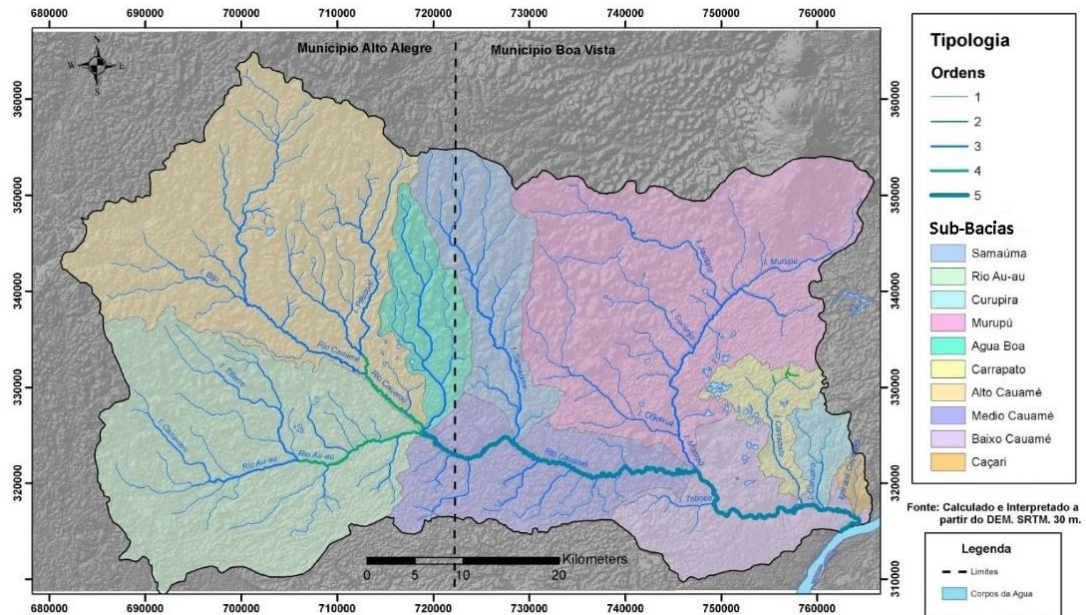
Figura 4: Mapa Geomorfológico da região da BHRC.



Fonte: Modificado e adaptado do ZEE-RR (2023).

Para o Mapa Hidrográfico aplicou-se a interpretação visual, sobre as linhas de contornos geradas a partir do processamento do DEM (Figura 5), e através do refinamento da rede de drenagens com a imagem *Landsat 9* e *Google Earth*, os canais fluviais foram classificados segundo suas ordenes de hierarquias. Os nomes de cada umas das sub-bacias foram obtidos do IBGE (2011).

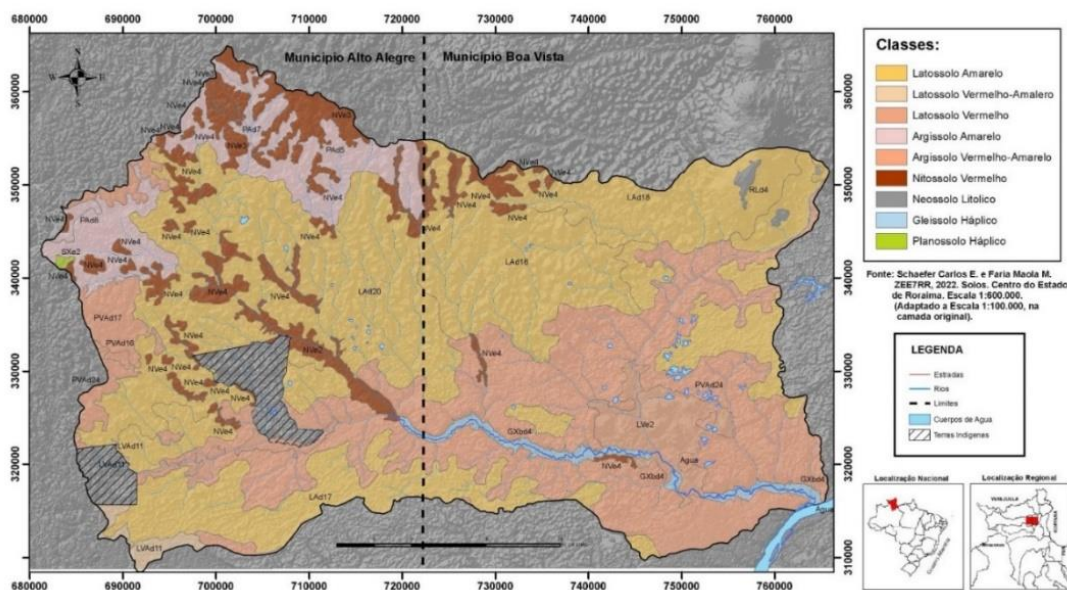
Figura 5: Mapa da rede hidrográfica da BHRC, mostrando todas suas sub-bacias.



Fonte: Os Autores.

Para o Mapa de Solos usou-se como fonte principal o Mapa de Solos do Estado de Roraima criado por Schaefer e Faria (2022) no ZEE-RR (2023), escala 1:600.000, fazendo os ajustes respectivos dos polígonos com interpretação visual, em base na imagem *Landsat 9*, em diferentes composições de cor, procedimento similar aos anteriores, onde todos os polígonos foram editados para alcançar uma melhor precisão (Figura 6).

Figura 6: Mapa de Solos da região Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé.

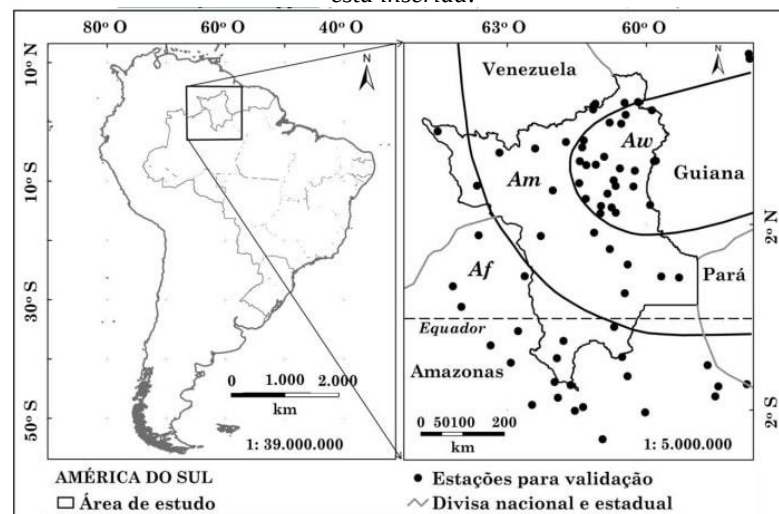


Fonte: Modificado e adaptado de Schaefer e Faria – ZEE-RR (2023).

O clima que caracteriza as savanas de Roraima é Aw (tropical úmido sem estação fria) sob a classificação Köppen. A maioria série histórica completa para a região é para o município de Boa Vista (capital de Roraima), localizada na porção centro-sul das savanas locais. A precipitação média na Estação Meteorológica da Boa Vista do INMET, foi de 1612 ± 400 mm para o período 1910-2003, enquanto a umidade relativa média mensal das faixas de ar de 66 a 82%. Os meses mais secos são entre dezembro e março ($\pm 10\%$ de precipitação anual) (Barni et al, 2020, p. 439).

O clima Aw registra o maior pico pluviométrico em junho, com o período chuvoso compreendendo os meses de abril a setembro, o clima Aw apresenta a menor precipitação anual e tem sua área de atuação restrita às áreas de savanas no nordeste do Estado (Figura 7). Estes fatos são marcados pela antecipação das chuvas anuais no Sul, esta região é caracterizada por baixa pluviosidade durante todo o ano quando comparado com a precipitação sobre áreas de florestas (Barni et al, 2020, p. 453), onde a BHRC está completamente inserida baixo este clima.

Figura 7: As linhas curvas sobre Roraima subdividem a área em três tipos climáticos: Af (clima equatorial de floresta), Am (clima de monção) e Aw (clima de savana) de acordo com a classificação de Köppen onde a BHRC está inserida.

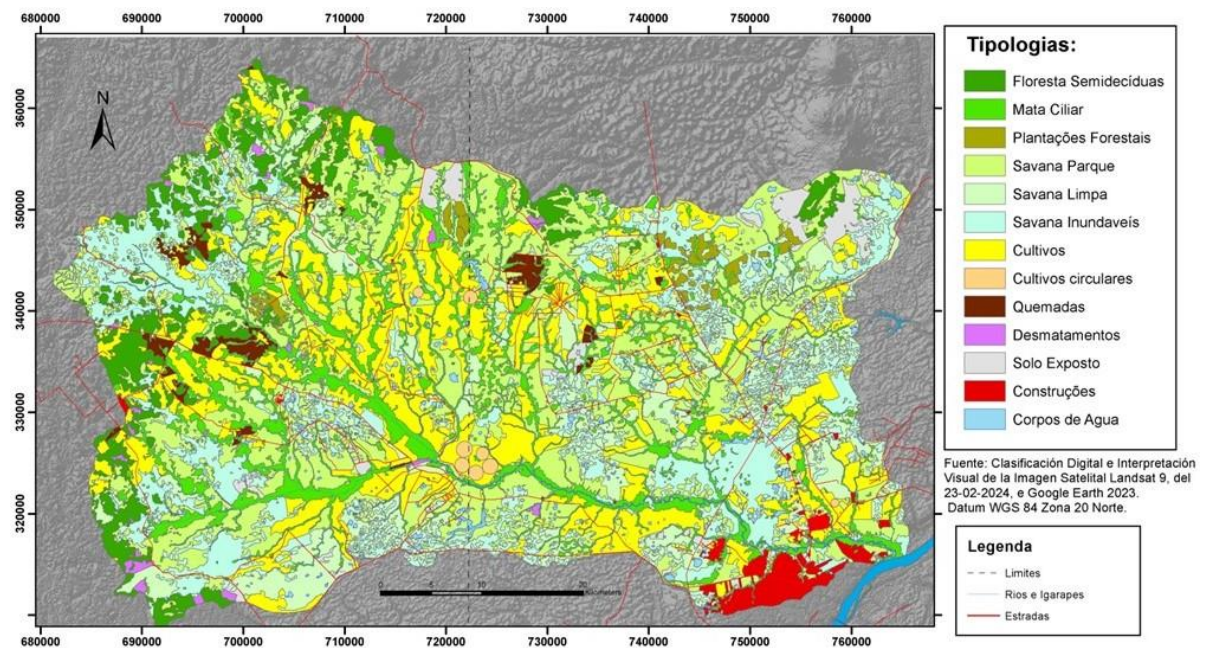


Fonte: Barni et al, 2020.

No mapa de Cobertura e Uso da Terra, usou-se técnicas de processamento da Imagem Landsat 9 do (2024/02/23). O primeiro procedimento foi a correção atmosférica da imagem, com a utilização do software QGIS versão 3.28.5, aplicando-se o Método de Subtração de Objetos Escuros (DOS-1), bem como a transformação dos valores de radiância à refletância com o plugin de classificação semiautomática desenvolvido por Congedo L. (2021) para o software QGIS. Posteriormente realizou-se a segmentação da imagem Landsat 9 (*Segment Mean Shift Function*) (ESRI, 2023), que agrupa um conjunto de pixels adjacentes com

características espectrais semelhantes em segmentos contínuos, estabelecendo o nível de importância dado às diferenças espectrais da imagem. Posteriormente, procedeu-se a classificação supervisionada pelo método (*Maximum Likelihood Classification*), e as correções e verificação dos polígonos foram feitos com interpretação visual com o uso das imagens de Google Earth (2023), foram realizados trabalhos de verificação *in locu* com o GPS - Sistema de Posicionamento Global, para verificar e validar o mapeamento, e para a definição das categorias de coberturas da terra, seguimos como referência o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012) (Figura 8).

Figura 8-Mapa de Cobertura e Uso da terra da região BHRC, aplicando classificação digital supervisionada da imagem *Landsat 9* e interpretação visual com *Google Earth*



Fonte: Os Autores.

Integração cartográfica:

As unidades territoriais geocomplexas, foram definidas partindo da integração dos elementos da paisagem (Sub-Bacias, Geologia, Geomorfologia, Solos e Cobertura e Uso da Terra), com o uso das intercepções (Teoria de Conjuntos) em ambiente SIG, o elemento clima não foi considerada para a intercepção, já que a área da bacia está inserida na sua totalmente baixo o clima Aw. Tomando de referência as Unidades Taxonômicas e Hierárquicas propostas para a Cartografia da Paisagem (Geocomplexos) como unidade taxonômica de análise de Bertrand (1972) (Quadro 1) apresentou-se como universal por definir os estudos de paisagem

em “[...] escalas têmporo-espaciais de inspiração geomorfológica de A. Cailleux e J. Tricart, que foram utilizadas como base geral de referência para todos os fenômenos geográficos” (Bertrand, 1968, Souza et al., 2021, p.64).

Quadro 1: Unidades taxonômicas e hierárquicas propostas para a cartografia da paisagem

Níveis (1)	Unidades de Paisagem (2)	Escala Têmporo - Espacial (3)	Escalas de Levantamento (4)	Ex. Tomado numa mesma série de paisagem (5)
Planetar	Zona	G.I	Acima de 1/10.000.000	Intertropical
Regional	Domínio	G.II	Entre: 1/10.000.000 e 1/1.000.000	Domínio das depressões Interplanálticas e Intermontanas semiáridas florestadas por Caatingas
	Região Natural	G.III	1/1.000.000 e 1/250.000	Depressões sertanejas semiáridas
Local	Geocomplexos	G.IV – G.V	1/250.000 e 1/50.000	Sertões do Seridó Potiguar
	Geofácies	G.VI	1/50.000 e 1/10.000	Rampa de coluvião
	Geótopos	G.VII	Menor que 1/10.000	Afloramento Rochoso

Legenda: 1 – De acordo com Bertrand (1968). 2 – Conforme revisão conceitual. 3 – Conforme Cailleux e Tricart (1956). 4 – Proposta. 5 – Exemplos no âmbito do Semiárido brasileiro.

Fonte: Souza et al. (2021).

Desse modo, utilizou-se a proposta geossistêmica, dando enfoque para à escala:

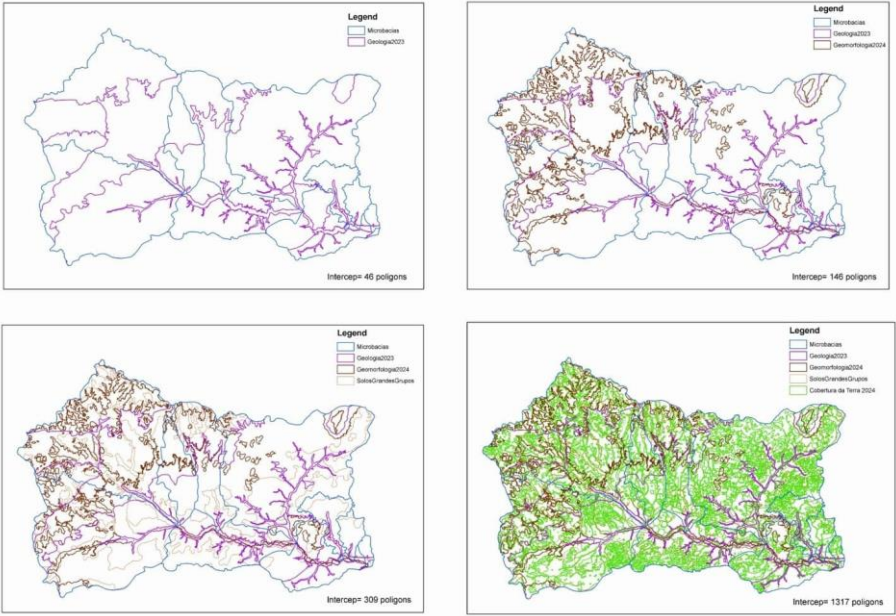
“têmporo-espacial” de unidade 4ª e 5ª grandezas (100 a 10.000 km²), pois versa sobre o mapeamento da região BHRC. Além disso, sabe-se que no interior do geossistema ocorrem as escalas 6ª e 7ª, os geofácies e o geótopo, sendo o geofácies a parcela fisionomicamente homogênea, correspondente a uma mesma fase de evolução do geossistema, e o geótopo, a menor unidade geográfica homogênea diretamente perceptível no terreno” (Bertrand, 1968; Bertrand, 2004; Anjos e Carvalho, 2020, p. 1704).

Para gerar o mapa das unidades geocomplexas de homogeneidade, tomou-se como unidades de análise as Sub-bacias, por estar claramente diferenciadas e ter continuidade espacial, fazendo a interceptação das camadas com o método *Intercep*:

Intercep = Sub-bacias $\cap$ Geologia $\cap$ Geomorfologia $\cap$ Solos $\cap$ Cobertura da Terra

Onde na primeira interceptação foi gerado 46 polígonos, na segunda foi gerado 146 polígonos, na terceira com 309 polígonos e já para a última com 1.317 polígonos gerados, com alguns elementos físico-bióticos que se repetem dentro da mesma sub-bacia (Figura 9).

Figura 9: Exemplo das interseções das camadas (Sub-bacias, Geologia, Geomorfologia, Solos e Coberturas da Terra).



Fonte: Os Autores

Os dados resultantes das interseções foram então organizados no Excel, e assim foi possível calcular, diferenciar as unidades de análise (Sub-bacias), de acordo com os seus níveis de heterogeneidade da paisagem (Quadro 2), e gerar o Mapa de Níveis de heterogeneidade da Paisagem da BHRC.

Quadro 2: Unidades de Analises e Numero de elementos Fisico-Bioticos (F-B) presentes dentro de cada Sub-bacia

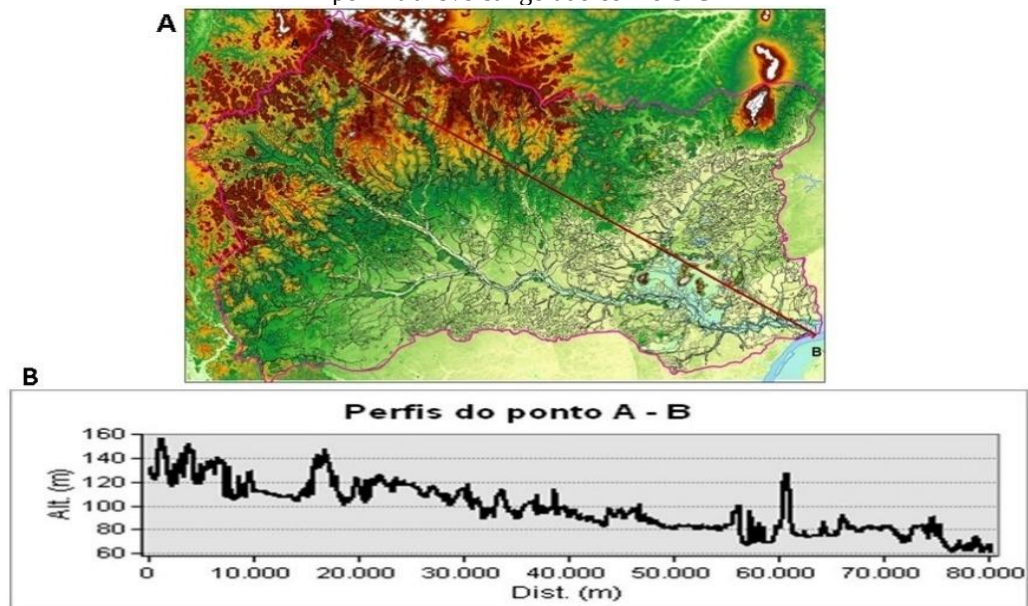
Unidades de Analises		Unidades Geológicas	Unidades Geomorfológicas	Unidades de Solos	Unidades de Cob. e Usos da Terra	Total de U. F-B	N de polígonos
N	Sub-bacias						
1	Samauma	3	4	5	12	24	98
2	Rio Au-au	4	4	5	11	24	235
3	Curupira	2	2	3	8	15	30
4	Murupú	5	6	5	12	28	194
5	Alto Cauamé	5	5	6	12	28	369
6	Água Boa	3	4	4	9	20	46
7	Carrapato	3	3	4	8	19	64
8	Medio Cauamé	3	4	5	9	21	126
9	Baixo Cauamé	3	4	4	9	20	142
10	Caçari	2	2	2	6	12	13

Fonte: Os Autores.

Posteriormente, de acordo com o número de elementos físico-bióticos presentes dentro de cada sub-bacia, foi agrupada em três níveis de heterogeneidade, onde o mínimo tinha 12 elementos, enquanto o máximo tinha 28 elementos, subtraindo o máximo menos o mínimo e dividindo por 3, onde cada microbacia foi inserida dentro do seu nível correspondente, Heterogênea (12 – 17,32), Muito Heterogênea (17,33 – 22,66) e Altamente Heterogênea (22,67 – 28). Permitindo obter o mapa de unidades geossistêmicas, com seus níveis de heterogeneidade da paisagem.

Com o objetivo de visualizar a estrutura vertical da paisagem e definir as unidades geocomplexas, traçou-se um perfil transversal na base do DEM e na camada de intercepções da BHRC (Figura 10). O perfil foi suavizado e editado com um software de desenho, para obter uma representação aproximada da realidade de sua estrutura vertical da paisagem.

Figura 10: (A) Exemplo do perfil transversal traçado sobre o DEM e a camada das intercepções e (B) perfil transversal gerado com o SIG

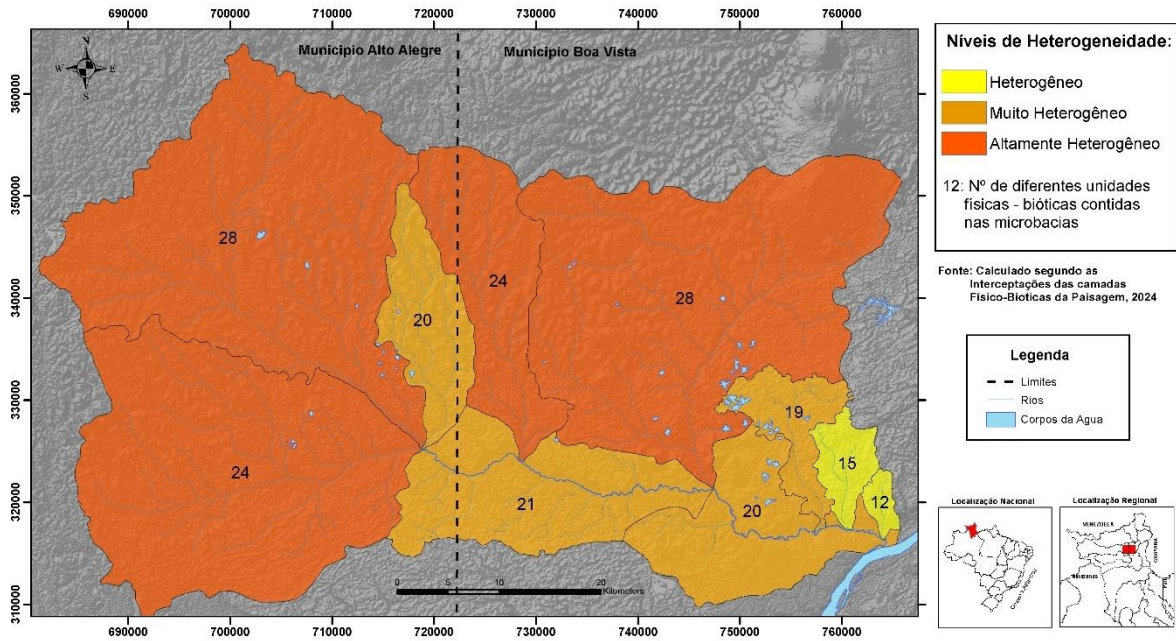


Fonte: Os Autores.

Resultados

Os resultados mostram uma diferenciação espacial dos elementos físico-bióticos presentes na BHRC, onde foi possível separar unidades de análise (Sub-bacias) em três níveis de heterogeneidade da paisagem, sendo Heterogêneo, Muito Heterogêneo e Altamente Heterogêneo, segundo o número de elementos físico-bióticos contidos em cada sub-bacia, onde destaca-se que as sub-bacias com maior tamanho em superfície são as mais heterogêneas e as de menor tamanho são menos heterogêneas (Figura 11).

Figura 11: Mapa de distribuição espacial dos níveis de heterogeneidade, segundo as Sub-bacias de referência.



Fonte: Os Autores.

As Sub-bacias heterogêneas que tem menor superfícies são: Caçari (15,20 Km²), Curupira (46,61 Km²) e Carrapato (83,03 Km²). As muito heterogêneas são: Água Boa (134,40 Km²), Meio Cauamé (273,07 Km²), Baixo Cauamé (215, 29 Km²), Samaúma (226,73 Km²) e Rio Au-au (668,16 Km²). E as Sub-bacias altamente heterogêneas são: Murupú (764,56 Km²) e Alto Cauamé (754,05 Km²). Os elementos físico-bióticos presentes em cada sub-bacia, se resume no Quadro 3.

Quadro 3: Elementos físico-bióticos contidos nas unidades geocomplexas:

Sub-bacias	Geologia	Geomorfologia	Solos	Cobertura e Uso da Terra
1-Samaúma	F1, F2, F3	G1, G3, G4, G6	S1, S4, S5, S6, S8	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C12
2-Rio Au-au	F1, F2, F3, F6	G1, G3, G4, G6	S1, S1, S3, S5, S6	C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12
3-Curupira	F1, F2	G1, G3	S1, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C12
4-Murupú	F1, F2, F3, F4, F6	G1, G2, G3, G4, G5, G6	S1, S3, S5, S6, S7	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12
5-Alto Cauamé	F1, F2, F3, F5, F6	G1, G3, G4, G5, G6	S1, S3, S4, S5, S6, S9	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12

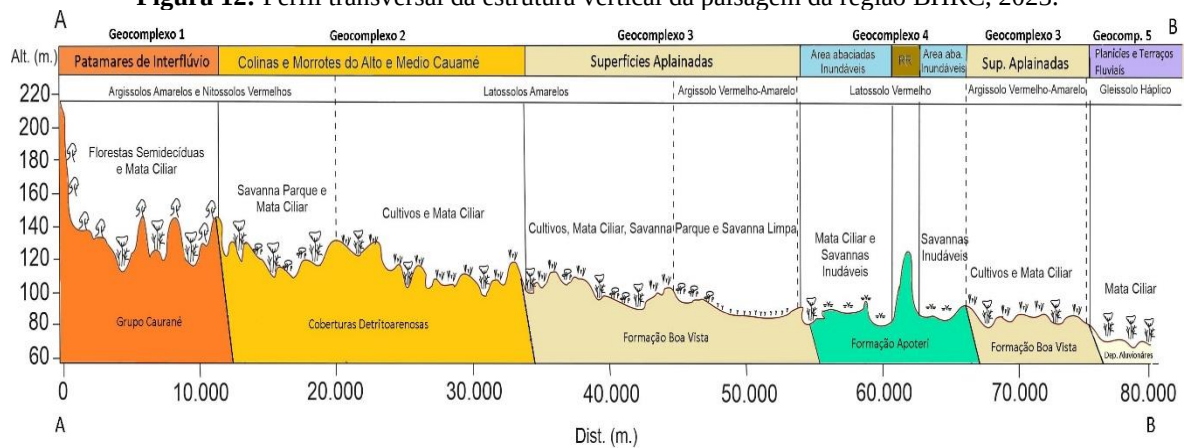
6-Água Boa	F1, F2, F3	G1, G3, G4, G6	S1, S3, S5, S6	C1, C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C12
7-Carrapato	F1, F2, F4	G1, G3, G5	S1, S3, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C12
8-Medio Cauamé	F1, F2, F4	G1, G2, G3, G5	S1, S3, S5, S6, S8	C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12
9-Baixo Cauamé	F1, F2, F4	G1, G2, G3, G5	S1, S3, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12
10-Caçari	F1, F2	G1, G3	S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C11
Códigos.	F1-Depositos Aluvionares. F2-Formação Boa Vista. F3-Coberturas Detritoarenosas F4-Formação Apoteri. F5-Suite Reislândia. F6-Grupo Caurané.	G1-Superfícies Aplainadas G2-Areas Abaciadas Inundáveis G3-Planícies e Terraços Fluviais G4-Patamares de Interflúvio G5-Relevos Residuais G6-Colinas e Morrotes do Alto e Médio rio Cauamé	S1-Latossolo Amarelo S2-Latossolo Vermelho-Amarelo. S3-Latossolo Vermelho. S4-Argissolo Amarelo. S5-Argissolo Vermelho-Amarelo. S6-Nitossolo Vermelho. S7-Neossolo Litólico. S8-Gleissolo Háplico. S9-Planossolo Háplico.	C1-Floresta Semidecíduas. C2-Mata Ciliar. C3-Plantações Florestais. C4-Savana Parque C5-Savana Limpa. C6-Savana Inundáveis. C7-Areas Queimada C8-Desmatamentos C9-Cultivos C10-Solo Exposto. C11-Construções C12-Corpos de Água

Fonte: Os Autores.

Observou-se ainda que todas as Sub-bacias apresentam intervenções antrópicas, tais como: cultivos, plantações florestais, queimadas, desmatamentos e áreas construídas, que afetam os ciclos ecológicos na região.

Outro resultado foi a representação gráfica da estrutura vertical da paisagem, onde mostra-se de forma clara os aspectos geocológicos da região BHRC (Figura 12), destacando-se graficamente as características geológicas, geomorfológicas, solos e cobertura vegetal, em um contexto bem definido desde o ponto de vista da ecologia da paisagem.

Figura 12: Perfil transversal da estrutura vertical da paisagem da região BHRC, 2023.



Fonte: Os Autores.

Onde é possível diferenciar 5 unidades geocomplexas segundo a ordem de hierarquia proposto para a cartografia da paisagem, que são descritos abaixo:

O primeiro Geocomplexo é composto por relevos de Patamares de Interflúvio, com solos da classe Argissolos Amarelos e Nitossolos Vermelhos e uma cobertura vegetal formada por Florestas Semi-decíduas e Mata Ciliar, sobre um material geológico do Grupo Caurané, constituído por paragneisses aluminosos com intercalações de rochas calcissilicáticas, metachert, orto e para-anfibolito e gondito, além de quartzito e filito, polidobradas e metamorfizadas em condições de facies xisto-verde a anfibolito superior, sobre condições de pressão baixa.

O segundo Geocomplexo está composto por relevos de Colinas e Morrotes de Alto e Médio Cauamé, com solos da classe Argissolos Amarelos, Nitossolos Vermelhos e Latossolos Amarelos, com uma cobertura vegetal formada por Savana Parque, Mata Ciliar e Cultivos, sobre Coberturas Detritoarenosas, composto por sedimentos inconsolidados, constituídos por solos residuais arenosos e areno-argilosos não laterizados.

O terceiro Geocomplexo é composto por superfícies aplainadas, com solos de classe Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelhos-Amarelos, com uma cobertura vegetal formada por Cultivos, Mata Ciliar, Savanas Parques e Savanas Limpas na parte baixa, sobre sedimentos semi-consolidados areno-argilosos, arcoseanos e siltitos da Formação Boa Vista.

O quarto Geocomplexo é composto por relevos residuais e áreas abaciadas inundáveis, com solos da classe Latossolos Vermelhos e uma cobertura vegetal formada por Mata Ciliar e Savanas Inundáveis, sobre uma estrutura geológica de rochas vulcânicas predominantemente basálticas e andesitos continentais da Formação Apoteri.

E o quinto Geocomplexo é composto por relevos de Planícies e Terraços Fluviais, com solos da classe Gleissolo Hápico, com cobertura vegetal de Mata Ciliar basicamente, sobre

sedimentos de depósitos aluvionares consolidados a semi-consolidados cascalhos, areno-argilosos, todos baixo a influencia do clima Aw (Clima de Savana), em um complexo ge ecológico bem definido que caracteriza este geossistema geral.

Discussões

A pesquisa demonstra os níveis de heterogeneidade da paisagem na região da BHRC, sob o ponto de vista da sua estrutura horizontal e vertical, conforme proposta por Bertrand (1968) e Sochava (1978), para análises geosistêmicas da paisagem. Os delineamentos das unidades espaciais obtidas em função de *overlays*, com base em mapeamento de variáveis (físico – bióticas) apenas são representativos da estruturação morfológica, mas não de sua funcionalidade. Os mapas sínteses são instrumentos viáveis para a elaboração inicial de planejamento territorial, pois contribuem para o discernimento das unidades geocomplexas numa escala semi-detalhada.

Dentro dos resultados obtidos a análise da estrutura horizontal da paisagem, mostra que as intercepções geraram um complexo territorial de difícil representação cartográfica, com 1.317 polígonos diferentes, que possibilitaram a geração do mapa de unidades heterogêneas, através da aplicação de um método matemático simples. Onde observa-se um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, numa determinada escala de observação e uma organização espacial, envolvendo processos naturais e antrópicos.

Por outro lado, na análise da estrutura vertical da paisagem, foi feito o uso da cartografia de base, para alcançar resultados próximos a realidade, os geocomplexos definidos mostram no perfil estabelecido uma gradação interessante desde um relevo de patamares dissecados, estruturados em rochas pré-cambrianas gnássicas, que permitiram o desenvolvimento de Argissolos e uma cobertura vegetal de floresta semidecíduas, até um relevo suavemente plano, moldado em sedimentos inconsolidados areno-argilosos, solos da classe Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, recobertos por vegetação de savana limpa. Por vezes, interrompido por formas de relevo residuais estruturadas em rochas basálticas, onde são desenvolvidos solos da classe Latossolos Vermelhos, mostrando os diferentes geocomplexos que compõem a região da BHRC.

Questão muito interessante, já que a definição de unidades geocomplexas torna-se um instrumento estratégico valioso para o planejamento territorial, tendo em vista seu potencial no direcionamento de usos mais racionais dos recursos naturais.

Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, foi possível realizar uma caracterização dos elementos da paisagem, e poder diferenciar unidades geossistêmicas a partir de seus níveis de heterogeneidade, definindo sua estrutura horizontal e vertical da paisagem a partir de uma perspectiva da ecologia da paisagem. Por meio de um geossistema único em sua estrutura, dinâmico e interrelacional, permitindo a aplicação de corretivos para uso da terra e geração de uma melhor organização das atividades antrópicas dentro da bacia.

Desta maneira, fica aberta a possibilidade de realizar futuras pesquisas tanto para a região da BHRC (em escalas de levantamento maiores, geofácies até geotopos), como para outras regiões do Brasil e do Mundo. Destaca-se que a análise das estruturas horizontais e verticais é uma parte de uma metodologia muito maior, que é o modelo GTP (Geossistema-Território - Paisagem) proposto por Bertrand e Bertrand (2002), pois possibilita o estudo desde uma perspectiva da ecologia da paisagem até a proposta de um planejamento territorial.

Além disso, deseja-se que os resultados aqui apresentados possam ser utilizados visando potencializar o conhecimento da área de estudo na sociedade em geral, promovendo um ambiente mais sustentável, onde as mesmas se coloquem como parte da paisagem, contribuindo com práticas socioeconômicas mais sustentável, sem afetar o equilíbrio ecológico dos geossistemas dentro da BHRC.

Agradecimentos.

De forma muito especial, gostaria de agradecer à Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo de Cooperação Internacional das Universidades Brasileiras (GCUB) (Programa PAEC), por terem me concedido o benefício de Bolsa Acadêmica (2020-2024). Agradecimentos especiais também à Universidade Federal de Roraima (UFRR), e seu Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/Recursos Naturais (PRONAT), por ter fornecido apoio institucional para a realização deste valioso trabalho.

Referências

- ANJOS, Adineide Oliveira; CARVALHO, Marcia Eliane Silva. Zoneamento Geoambiental do município Barrocas/BA: contribuições para o ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.13, n.04, p. 1700-1719, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1700-1719>.
- BARNI, P. E; BARBOSA, R.; XAUD, H.; XAUD, M.; FEARNSTIDE, P. Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 32, n. 1, p. 439 – 456, 2020. DOI: [10.14393/SN-v32-2020-52769](https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-52769)

BERTRAND, George. Paysage et geographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Oues**, Pireneus, v. 39, n.3, p. 249-272, 1968. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1968_num_39_3_4553. Acesso em: 23 fev. 2023.

BERTRAND, Claude.; BERTRAND, George. Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités. Paris: Editions Arguments. 2002, p. 311.

BERTRAND, George. Paisagem e Geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>. Acesso em: 22 jan. 2023.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; CORRÊA, Antônio Carlos. Geossistemas e Geografia do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 3-33, 2016. DOI: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2016_n2_p3-33. Acesso em 11 mai. 2022.

CHAVES, Ana Maria Severo; SOUZA, Rosemeri Melo. Paisagem e Interfaces Geoecológicas para o Planejamento Ambiental. In: SOUZA, Rosemeri; CHAVES, Ana Maria; NASCIMENTO, Sheylla Patrícia (Org.). **Geoecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas**, São Paulo: Criação Editora, 2021, p. 29-53.

Congedo, Luca. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open-Source Software**, U.E, v. 6, n.64, p. 1 -317, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). **Mapa Geológico do Estado de Roraima**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Escala 1:1.000.000, 2023. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI), **Segment Mean Shift Function 2023**. Disponível em: < https://pro.arcgis.com/en/proapp/latest/help/analysis/raster-functions/segment-meanshiftfunction.htm#ESRI_SECTION1_833311C0BD9A4231B4105F8888ECDDE1 > Acesso: 25 Jan. 2023.

FORMAN, Richard T. T; GODRON, Michel. **Landscape Ecology**, New York: John Wiley & Sons Editions, 198, 619 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Bases Cartográficas Contínuas do Estado de Roraima, Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc100/roraima/rr100_metadados.pdf. Acesso: 3 nov. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Manual Técnico da Vegetação Brasileira 2ed. Rio de Janeiro, 2012. 217 p. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf . Acesso: 01 nov. 2023.

VERA, Marquina Jesús Jordan; MOGOLLON, Amanda. Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida-Venezuela, v.59, n.1, p. 42-54. 2018. DOI: <https://doi.org/10.53766/RGV>

RODRIGUEZ, José Manuel; SILVA, Edson Vicente; CAVALCANTI, Agostino Paula Brito; 2017. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC. 2017. 224 p.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Análise de paisagem: fragmentação e mudanças**, Belo Horizonte: UFMG, 1988, v. 1, p. 90. Disponível em: <https://www2.unifap.br/herondino/files/2014/03/8-apostila.pdf>. Acesso em 10 jul 2014

SCHAEFER, C.E.; FARIA, M.M. **Solos ZEE-RR**, Centro Norte-Estado de Roraima, Boa Vista-RR, Secretaria de Agricultura, Desenvolvimento e Inovação -Governo de Roraima, 2022, Mapa de Solos, Escala 1: 850.000. Disponível em: < <https://zee-rr.institutopiatam.org.br/downloads/> >. Acesso em: 15 out. 2023.

SOUZA, Ana Carolina; DA SILVA, Fernando Eduardo; DINIZ, Marco Tulio M. Estudos de Paisagem integrada: episteme, evolução e aplicação. In: SOUZA, Rosemeri; CHAVES, Ana. Maria; NASCIMENTO, Sheylla Patrícia (Org.). **Geoecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas**, São Paulo: Criação Editora. 2021. p. 53-73.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. **Introdução à Teoria dos Geossistemas**. Novosibirsk-Rússia: Editorial Nauka-filial de Sibéria, 1978. 319 p.

METZGER, Jean Paul. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: [//www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1575](http://www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1575). Acesso: 15 jun. 2023

Europe Space Agency (ESA). Copernicus Global Digital Elevation Model. OpenTopography, Disponível em:< <https://doi.org/10.5069/G9028PQB> >. Acesso: 24 nov. 2023.

ZEE-RR. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Roraima 2023. Disponível em: < <https://zee-rr.institutopiatam.org.br/> >. Acesso em: 5 dec. 2023.

6 ARTIGO 5- ÍNDICE HEMERÓBICO DA PAISAGEM COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL E PLANEJAMENTO TERRITORIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ.

Artigo aceito para publicação na Revista Caminhos de Geografia (UFU), em janeiro de 2025.
Qualis Capes A1 (2017-2020, em Ciências Ambientais).

 **Caminhos de Geografia**

[← Back to Submissões](#)

74951 / Marquina-Vera et al. / ÍNDICE HEMERÓBICO DA PAISAGEM COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL E PLANEJAMENTO TERRITORIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ [Biblioteca da Submissão](#)

Fluxo de Trabalho

Publicação

Submissão

Avaliação

Edição de Texto

Editoração

Rodada 1

Situação da rodada 1

Submissão aceita.

ÍNDICE HEMERÓBICO DA PAISAGEM COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL E PLANEJAMENTO TERRITORIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ, RORAIMA, BRASIL.

RESUMO

Grande parte das questões ambientais, sociais e econômicas advém das alterações de natureza antrópica, que levam a degradação das paisagens naturais. O índice hemeróbico da paisagem é um dos métodos que consegue gerar um diagnóstico socioambiental coerente, permitindo a identificação e avaliação das degradações ambientais nas unidades de paisagem. O método utilizado, consiste na qualificação do índice hemeróbico de naturalidade da paisagem, através da aplicação de técnicas de geoprocessamento na construção da cartografia de cobertura da terra com o uso de imagens do *Landsat 9*, em seguida a definição de classes de usos da terra, para categorização final em unidades hemeróbicas da paisagem. A fase de diagnóstico socioambiental identifica áreas afetadas pelas atividades nos seus diferentes níveis de intervenção. Os resultados consistiram na identificação e cálculo das áreas submetidas a diferentes usos da terra, com seus respectivos níveis de degradação ambiental e o índice hemeróbico geral da paisagem para toda a região. A cartografia, definiu níveis hierárquicos, que possibilitam a seleção de áreas críticas para intervenções de mitigação, recuperação, reabilitação e conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé. Estes resultados mostram a viabilidade de execução do cálculo do índice hemeróbico da paisagem no diagnóstico socioambiental para um planejamento territorial.

Palavras-chave: Coberturas da Terra. Usos da terra. Geoecologia. Geoprocessamento; Degradações ambientais.

LANDSCAPE HEMEROBY INDEX AS A TOOL FOR SOCIO-ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS AND TERRITORIAL PLANNING IN THE CAUAMÉ RIVER BASIN, RORAIMA, BRAZIL.

ABSTRACT

A large part of environmental, social and economic issues arise from changes of an anthropogenic nature, which lead to the degradation of natural landscapes. The landscape hemerobic index is one of the methods that can generate a coherent socio-environmental diagnosis, allowing the identification and assessment of environmental degradations in landscape units. The method used consists of qualifying the hemerobic index of naturalness of the landscape, through the application of geoprocessing techniques in the construction of land cover cartography using *Landsat 9* images, followed by the definition of land use classes, for final categorization into hemerobic units of the landscape. The socio-environmental diagnosis phase identifies areas affected by activities at their different levels of intervention. The results consisted of identifying and calculating the areas subject to different land uses, with their respective levels of environmental degradation and the general hemerobic index of the landscape for the entire region. The cartography defined hierarchical levels, which enable the selection of critical areas for mitigation, recovery, rehabilitation and conservation interventions in the Cauamé River Basin. These results show the feasibility of calculating the hemerobic index of the landscape in the socio-environmental diagnosis for territorial planning.

Keywords: Land Cover, Land Use, Geoecology, Geoprocessing, Environmental Degradation.

ÍNDICE HEMERÓBICO DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA PARA EL DIAGNOSTICO SOCIO-AMBIENTAL Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAUAMÉ, RORAIMA, BRASIL.

RESUMEN

Gran parte de los problemas ambientales, sociales y económicos provienen de las alteraciones de naturaleza antrópica, que llevan a la degradación de los paisajes naturales. El índice hemeróbico del paisaje es un método que genera un diagnóstico socioambiental coherente, permitiendo evaluar e identificar las degradaciones ambientales en diferentes unidades de paisaje. El método utilizado fue la calificación del índice hemeróbico de naturalidad del paisaje, con la aplicación de técnicas de geoprocusamiento en la construcción de la cartografía de cobertura de la tierra, con el uso de imágenes del *Landsat* 9, con la definición de clases de usos de la tierra, para la categorización final en unidades hemeróbicas del paisaje. El diagnóstico socioambiental localizó áreas afectadas por actividades en sus diferentes niveles de intervención. Los resultados consistieron en la identificación y cálculo de las áreas sometidas a diferentes usos, con sus respectivos niveles de degradación ambiental y el índice hemeróbico general del paisaje para la región. La cartografía, definió niveles jerárquicos, permitiendo la selección de áreas críticas para intervenciones de recuperación, rehabilitación y conservación en la Cuenca Hidrográfica del Río *Cauamé*. Estos resultados muestran la viabilidad de ejecutar el cálculo del índice hemeróbico en el diagnóstico socioambiental para una planificación territorial.

Palabras Claves: Cobertura de la Tierra; Usos de la Tierra; Geoecología; Geoprocusamiento; Degradaciones Ambientales.

INTRODUÇÃO

A análise da paisagem e seu diagnóstico socioambiental, atualmente, compõem uma das categorias analíticas mais usadas pela ciência geográfica, tanto para estudos sociais quanto para ambientais. Atualmente se complementa que a paisagem, enquanto sistema global, se forma a partir da ação conjunta dos fatores componentes e processos no tempo, indicando a dinâmica e complexidade que envolve o estudo desse conceito em uma abordagem geoecológica (Oliveira, 2019).

De acordo com Ross (2009, p. 198), a geografia fornece informações e métodos de análise que permitem “[...] a adoção de práticas de planejamento e gestão ambiental de base territorial com elevado grau de eficiência, o que se torna possível pela condução com qualidade técnica e bases conceituais sólidas”. Por isso, conhecer a dinâmica da terra sempre foi uma necessidade dos seres humanos, desde a antiguidade é possível encontrar alguma forma de referência sobre as relações entre a natureza e as atividades do homem (IBGE, 2013).

Porém, a necessidade dos humanos de se-organizar e habitar em um determinado espaço geográfico, provoca inúmeras modificações no entorno, alterando o chamado de natural, que gera na maioria das vezes muitos problemas ambientais. O termo degradação ambiental se refere apenas para impactos negativos que ocorrem no meio ambiente, não possuindo nenhum caráter positivo, se configura como um processo que diminui a capacidade produtiva do ecossistema, deste modo, se torna difícil para as áreas afetadas retornarem ao uso econômico (Rubira, 2016).

Em razão da compatibilidade internacional e partindo de uma análise da inter-relação dos aspectos, estrutural-espacial e dinâmico-funcional das paisagens, deve-se considerar que as

paisagens passam por processos de degradação ambiental, e podem ser contempladas pelo conceito de hemerobia (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017). Algumas paisagens são referentes às mudanças ocorridas na estrutura e no funcionamento, devido à ação humana sobre os geossistemas (Silva; Faria, 2021).

Porquanto, nesta pesquisa utiliza-se do termo “*hemeroby*” que vem do grego *hemeros* (cultivado, domesticado, refinado), e foi introduzido na ecologia por Jalas (1955) para classificar espécies de plantas, segundo o grau de participação das espécies Neófitas. Mais tarde, foi estendido nas comunidades vegetais, o grau de hemerobia é “*uma medida integradora dos impactos de todas as intervenções humanas nos ecossistemas, sejam intencionais ou não*” (Sukopp, 1976; Steinhardt *et al.*, 1999, p. 239).

A hemerobia da paisagem é frequentemente considerada para caracterizar o grau de influência humana e mudança no ecossistema (Sukopp, 1976; Schlüter, 1984; Steinhardt *et al.*, 1999; Das neves, 2017; Silva; Faria, 2021; Jasinaviciuté; Veteikis, 2022). Eles são classificados com base na mudança na vegetação, topo-clima, solo, balanço hídrico e às vezes no seu relevo. Por exemplo, esta abordagem foi desenvolvida na Alemanha com base no uso da terra (características orientadas à estrutura e processos) pelo tipo e intensidade da influência antrópica na dinâmica dos materiais naturais. As investigações geoecológicas da paisagem com o objetivo de diferenciação tornam-se mais relevantes e adequadas para aplicações práticas (Zepp; Stein, 1991; Glawion, 2002; Volk; Steinhardt, 2002).

O monitoramento das estruturas geoecológicas da paisagem fornece parte das informações sobre as mudanças nos tipos de usos da terra e degradações ambientais. Nos últimos anos, uma série de índices foram propostos para quantificar essas degradações. No entanto, o índice hemeróbico aplicado como uma técnica para medir essas características ou modificações da paisagem, fornece um diagnóstico socioambiental operacional sobre o estado atual do meio ambiente na tomada de decisões, através do monitoramento e avaliação da eficiência nas medidas políticas e administrativas, orientadas a melhorar a conscientização pública sobre o meio ambiente (Steinhardt *et al.*, 1999). Este índice consiste em um dos critérios de avaliação mais utilizados e convenientes para avaliar e monitorar a naturalidade da cobertura e usos da terra numa paisagem.

A naturalidade da paisagem, entendida como uma área natural que não é afetada pelas atividades humanas, sendo um conceito utilizado na análise ecológica da paisagem, a fim de avaliar a capacidade reprodutiva dos componentes da paisagem em resistir ao estresse antropogênico, físico e químico, bem como a adequação do mosaico da paisagem à biodiversidade (Jasinaviciuté; Veteikis, 2022). Os trabalhos que seguem esse conceito focam-se na preservação da qualidade da paisagem natural e da biodiversidade (Steinhardt *et al.*, 1999), neste trabalho orienta-se na aplicação desse conceito.

Nucci e Berto (2022) apresentam duas correntes de interpretação do conceito de hemerobia: a primeira delas como medida da influência antrópica na paisagem e a segunda, como grau de dependência energética e de tecnologia das paisagens e pela capacidade dessas se autorregular, ou seja, pela manutenção das funções da natureza (ou serviços ecossistêmicos). O conceito de hemerobia foi relacionado por Belem e Nucci (2011) com as funções da natureza, alegando que essas funções podem ser compreendidas como “a capacidade de processos e componentes da natureza em fornecer bens e serviços que satisfaçam direta ou indiretamente as necessidades humanas” (De Groot, 1994; Nucci e Berto, 2022). Não obstante, neste trabalho foi adotada a primeira corrente de interpretação, tendo como alvo medir essa influência antropogênica e suas consequentes degradações ambientais nas unidades da paisagem da área de estudo com orientação no planejamento territorial.

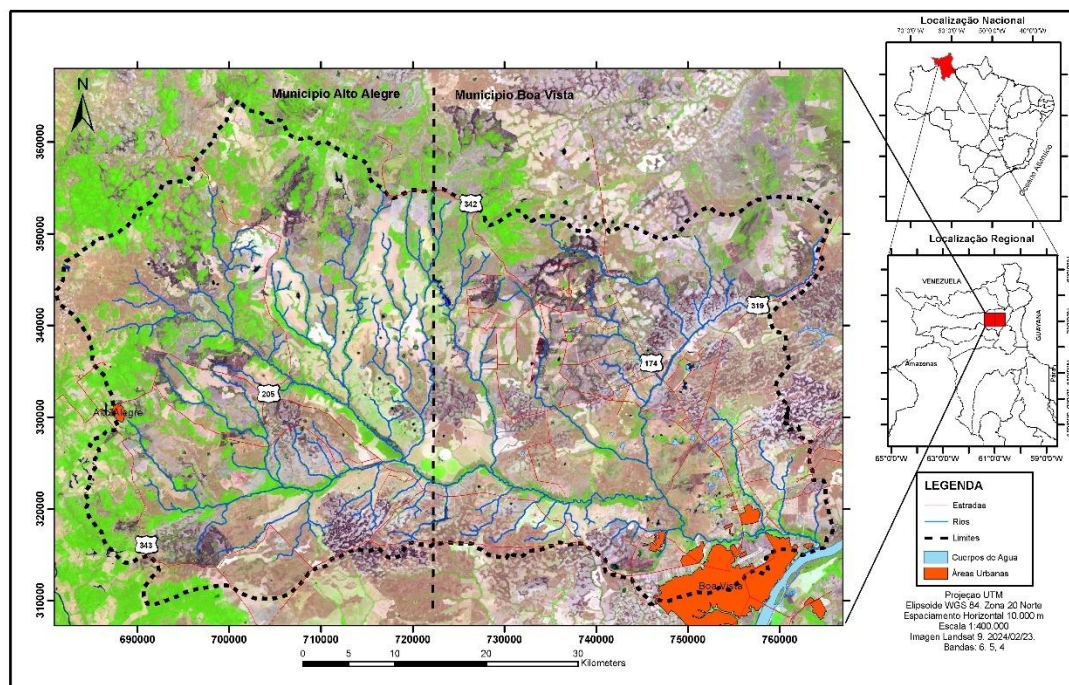
A Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), um importante afluente do rio Branco, nos últimos anos têm sido objeto de fortes processos de desfragmentação espacial e degradações ambientais, produto das intervenções antrópicas na procura de novas terras para usos de exploração agrícola e expansão urbana da cidade de Boa Vista e outras localidades (Vera; Tavares Junior; Beserra Neta, 2023), questão que gera muita preocupação desde o ponto de vista ambiental. Portanto, neste trabalho tem-se como objetivo principal, diagnosticar as degradações ambientais das áreas com diferentes usos da terra, aplicando o índice hemeróbico de naturalidade da paisagem, onde o grau de hemerobia é um resultado das degradações antrópicas numa paisagem em particular e dos organismos que habitam nela, indicando níveis hierárquicos passíveis de serem considerados pelo poder público para um possível planejamento territorial na BHRC.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área foco deste estudo é a região da BHRC, situada na porção Norte-Nordeste do Estado de Roraima, parte integrante dos municípios de Alto Alegre e Boa Vista, entre as coordenadas métricas na projeção cartográfica UTM: 364.652,40 – 309.628,25 N e 765.590,45 – 681.146,52 E, com uma área aproximada de 3.181,41 Km² (318.141 ha.). O acesso à área se faz pelas rodovias Manaus - Venezuela (BR-174), Boa Vista - Taiano (RR-342), Boa Vista - Alto Alegre (RR-205), além das vias locais que facilitam o acesso (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Imagem falsa cor (6R, 5G, 4B) Landsat 9.

Elaboração ou Organização: Os autores (2024).

No contexto geográfico, a área de estudo, em sua maioria, está inserida na grande extensão de savanas, também denominadas “*Campos do Rio Branco*” ou “*Lavrado*”, o último termo é muito comum entre os moradores locais, e foi introduzido na literatura por Luciano Pereira em 1917. Os termos lavrado, savana e cerrado podem ser usados para identificar a paisagem de vegetação aberta localizada nas fronteiras Brasil, Guiana e Venezuela. O processo de construção desta paisagem, está diretamente relacionada aos eventos tectônicos e as pretéritas flutuações do clima e erosão (Barbosa *et al.*, 2007). As savanas roraimenses se apresentam em forma de mosaico, formado por extensa superfície aplainada revestida por vegetação gramínea/arbustiva, interrompido abruptamente por ilhas florestais, que são fragmentos florestais naturais, isolados, encontrados em áreas abertas das zonas de contato savana-floresta (Huber *et al.*, 2006; Feitosa; Vale-Júnior, 2016). Nessa coexistência de savanas e florestas semidecíduas em uma mesma região, sob um mesmo clima, foi explicado por Mayle e Power (2008), onde estas formações naturais foram originadas pelo mecanismo de expansão e retração de grandes domínios de vegetação ocorridos por ocasião da atuação de climas alternantes ao longo do Quaternário. Como também, outros fatores abióticos, como a ocorrência do fogo em relevo quase plano e aberto, combinado a solos extremamente distróficos e coesos, são condições favoráveis à permanência de savanas em Roraima (Schaefer, 1997; Schaefer e Dalrymple, 1995).

A BHRC contém também parte de duas importantes cidades: Boa Vista, com população de 413.486 pessoas e densidade demográfica de 72,72 hab./Km², e Alto Alegre com 21.096 pessoas e densidade demográfica de 0,33 hab./Km² (IBGE, 2022). Estas cidades apresentam estruturas e dinâmicas socio-territoriais diferentes, que exercem influência direta na paisagem da região.

Procedimentos Metodológicos.

O diagnóstico socioambiental geral da BHRC foi realizado por meio da aplicação do índice hemeróbico de naturalidade da paisagem, conforme à fórmula proposta por Walz e Stein (2014), simplificada da original de Steinhardt *et al.*, (1999), a fim de ajustar os resultados. A seguir são descritos os procedimentos de cada etapa de elaboração do diagnóstico:

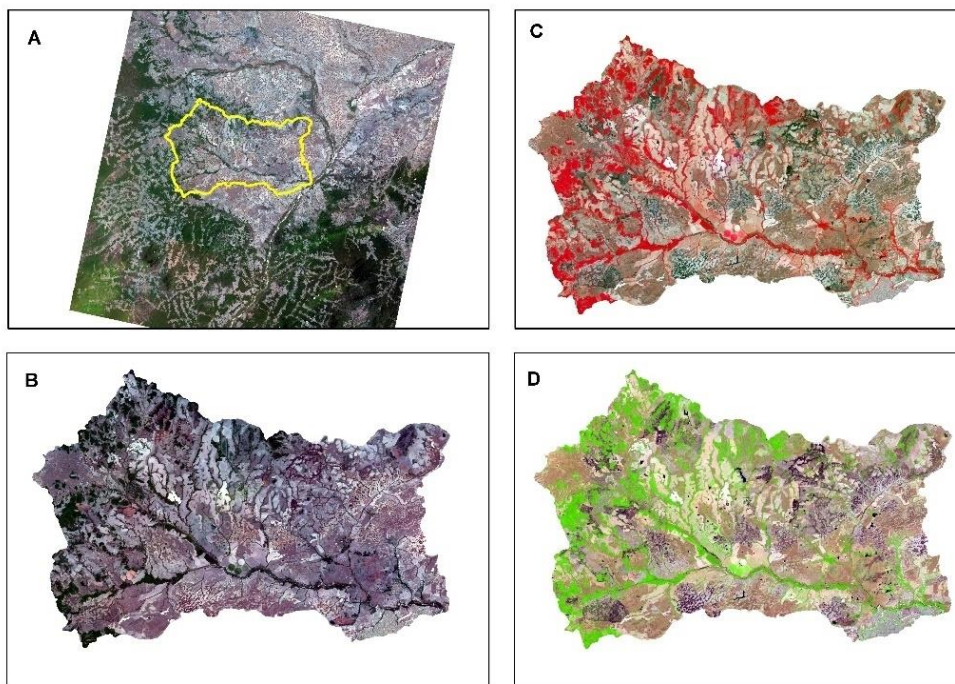
- a) Pré-processamento: em ambiente SIG foram efetuadas operações referentes ao realce da imagem *Landsat 9* (Quadro 1), como a composição colorida em cor natural e falsa cor (Figura 2).

Quadro 1 - Características da Imagem *Landsat 9*.

Data	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Espectral	Nível de Processamento	Cobertura de Nuvens	Datum
23-02-2024	30 x 30 m.	16 bits.	11 bandas	L2 - Imagem de refletância de superfície.	0,06%	WGS 84, UTM Zona 20 Norte

Fonte: <https://earthexplorer.usgs.gov/> . Elaboração ou Organização: Os autores, 2024

Figura 2 – Cenas da BHRC, 2024.

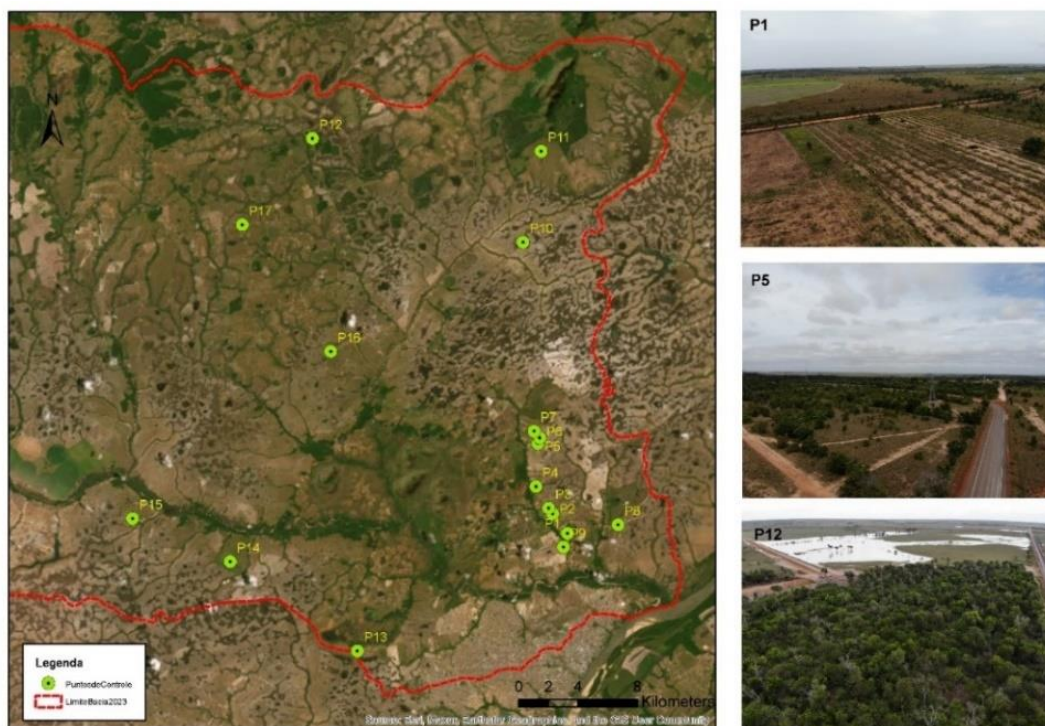


Fonte: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. (A) Cena completa na composição colorida 4R, 3G, 2B. (B) Recorte referente a área da BHRC em composição natural. (C) Composição falsa cor 5R, 4G, 3B da área da BHRC. (D) Composição Falsa cor 6R, 5G, 3B.

Elaboração ou Organização: Os autores, 2024.

- b) Trabalho de Campo: consistiu na identificação, com auxílio da imagem segmentada, de classes de cobertura da Terra em 17 pontos visitados, cuja coleta de coordenadas geográficas foi efetuada e aquisição de imagens por meio de uso de dispositivos digitais a bordo de drone a altitudes de 50 a 70 m e em superfície, utilizando um navegador GPS (Garmin C62x), e uma câmera digital profissional SONY com zoom de 18x. Na Figura 3, pode-se ver alguns exemplos de pontos de controle obtidos em campo.

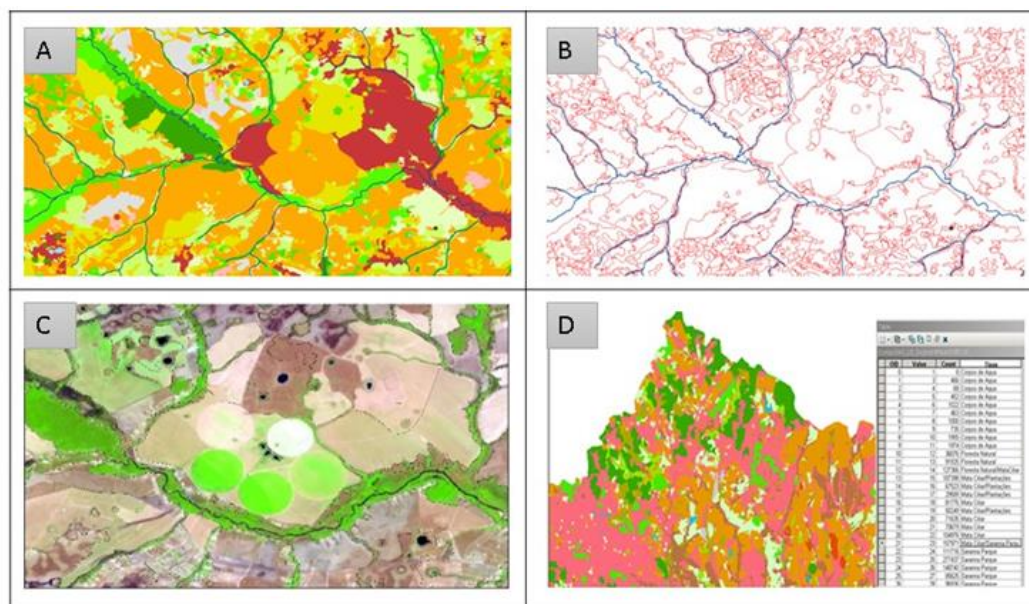
Figura 3 - Pontos e imagens referentes às classes de cobertura da Terra



Fonte: Os autores, 2024. (P1) Áreas de culturas (permanentes e temporárias). (P5) Estradas pavimentadas e de terra. (P12) Silvicultura: Plantações florestais (*Acacia mangium*) e Savana inundáveis com obstrução do corpo hídrico.

- c) Processamento: Realizou-se a segmentação da imagem *Landsat 9* em falsa cor, pelo método *Segment Mean Shift Function*, que agrupa um conjunto de pixels adjacentes com características espectrais semelhantes em segmentos contínuos, estabelecendo o nível de importância dado às diferenças espectrais da imagem (ESRI, 2023). Posteriormente, procedeu-se com a operação de treinamento de amostras das classes de cobertura da terra nas imagens de composição colorida e segmentada. Em seguida foi aplicada a técnica de classificação supervisionada pelo método *Maximum Likelihood Classification (MAXVER)*, após prévio trabalho de campo, e as validações dos polígonos foram feitas com interpretação visual com o uso das imagens de *Google Earth* de alta resolução espacial (Figura 4).

Figura 4 – Etapas do processamento: segmentação, classificação, interpretação e edição vectorial.



Fonte: Os autores, 2024. (A) Segmentação, (B) Vetorização, (C) Interpretação, (D) Classificação

Seguidamente, com a camada resultante da classificação supervisionada, foram gerados 3.710 polígonos, que foram agrupados usando a ferramenta *merge* (permitindo agrupar polígonos da mesma categoria) e calculadas as superfícies em hectares com o SIG (*Calculate Geometry do software*), ficando só 13 grandes classes ou categorias de cobertura da terra (Figura 5), segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012).

- d) **Reclassificações:** A primeira reclassificação foi de Coberturas da Terra para Usos da Terra, baseada no Sistema Básico de Classificação da Cobertura e Uso da Terra (SCUT), nível III de detalhamento do IBGE (2013). A segunda reclassificação consistiu na correlação das classes de cobertura da terra com o nível hemeróbico, grau de naturalidade e tipo da paisagem, gerando o mapa dos níveis hemeróbicos da paisagem, conforme à fase diagnóstica socioambiental da paisagem de interface (Quadro 2). Os níveis hemeróbicos foram diferenciados segundo o grau de naturalidade, desde o natural ao artificial, seus tipos de paisagens, níveis de degradação, mudanças e tempo de modificações.

Quadro 2 - Fase diagnóstica socioambiental da paisagem de interface.

Nível Hemeróbico (1)	Grau de Naturalidade (2)	Tipo de Paisagem (3)	Degradações sobre a Paisagem (4)	Mudanças visíveis na estrutura dos Geossistemas (5)	Tempo de Modificação (6)
1-Ahemeróbico	Natural	Naturais	Nenhum ou nulo	Não é visível ou imperceptível	Muito longa/centenas de anos e mais
2-Oligohemeróbico	Próximo a Natural	Seminaturais	Quase nulo com focos limitados de modificação		Longa /dezenas de anos
3-Mesohemeróbico	Seminatural	Paisagens pastoris moderadamente modificadas	Desmatamento parcial e uso extensivo de pastos com alteração inicial do equilíbrio geoecológico	Pouco Visível	Longa/media 50 a 20 anos
4-Euhemeróbico	Distante ao Natural	Paisagens agrícolas fortemente modificadas	Desmatamento e aragem generalizada com substituição significativa da natureza, com alteração geral do equilíbrio geoecológico	Visível	Média de 20 a 10 anos
5-Polihemeróbico	Muito longe de Natural	Paisagens agrícolas fortemente transformadas com artificialização significativa	Agricultura generalizada com significativo avanço da urbanização	Muito Visível	Curta de 5 a 3 anos
6-Metahemeróbico	Artificial	Paisagens antrópicas artificiais	Urbanização e artificialização significativa, sim recuperação geoecológica.	Extremamente Visível	Muito curta até 2 anos

Fonte: (1) e (2) Sukopp (1976); Steinhardt *et al*, 1999, (3), (4), (5) e (6) adaptado de Das Neves, 2017. Elaboração ou Organização: Os autores, 2024

- e) Cálculo do índice de hemoróbia: Este procedimento requer o agrupamento de polígonos referentes às classes de cobertura da terra de acordo com seus níveis hemeróbicos, para o cálculo de suas respectivas áreas em hectares, para sua organização e apresentação gráfica no software *Microsoft Excel*. A fim de se obter as porcentagens para cada nível Quadro 3.

Quadro 3 -Níveis Hemeróbicos, áreas e percentagens

Níveis Hemeróbicos	Área (ha)	%
1-Ahemeróbico	20.827	6,5
2-Oligohemeróbico	173.594	54,6
3-Mesohemeróbico	40.762	12,8
4-Euhemeróbico	73.228	23,1
5-Polihemeróbico	4.204	1,3
6-Metahemeróbico	5.526	1,7
Total	318.141	100

Fonte: Os autores, 2024

Em seguida, aplica-se a fórmula proposta por Walz e Stein (2014) para definir o nível hemeróbico e grau de naturalidade socioambiental geral da paisagem da BHRC:

Índice de hemerobia por área ponderada simples:

$$M_2 = \sum_{h=1}^n f_n * h$$

Dados: n = número de graus de hemerobia

F_n = Proporção da categoria n

h = Grau hemeróbico

M_2 = Índice hemeróbico

Então:

$$M_2 = (0,065*1) + (0,546*2) + (0,128*3) + (0,231*4) + (0,013*5) + (0,017*6)$$

$$M_2 = 2,62 \approx 3$$

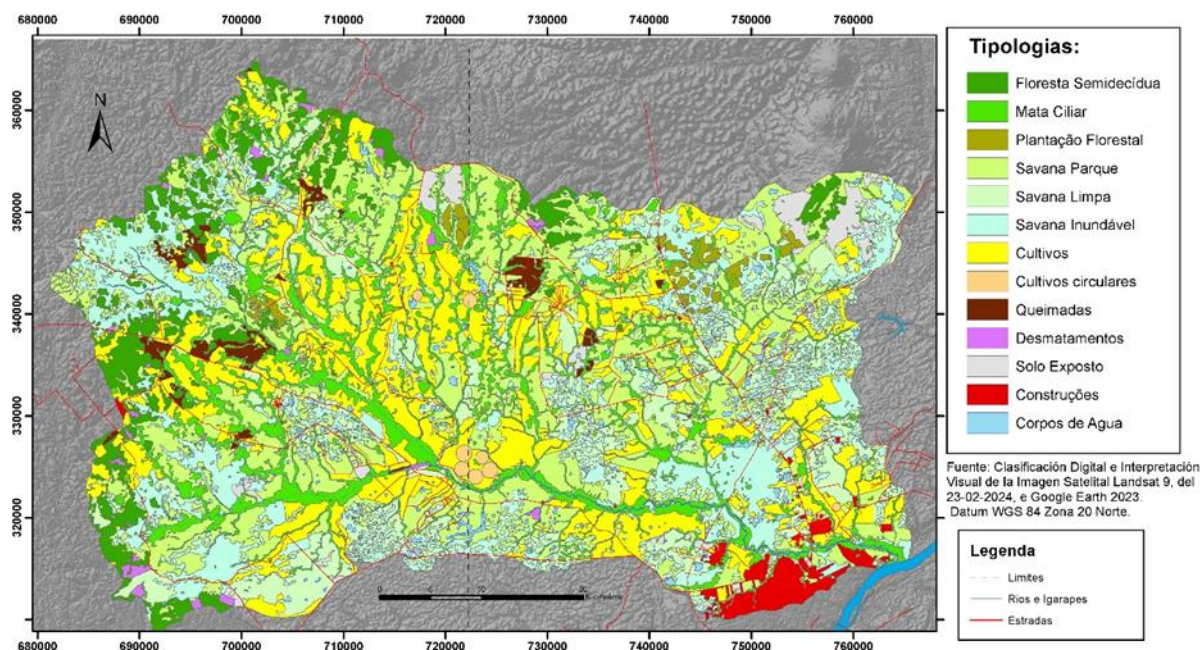
Para obter o valor de F_n para cada categoria foram calculadas as percentagens de cada grau hemeróbico, por exemplo para o grau n (1-Ahemeróbica) a proporção de superfície desta na bacia foi de 6.5%, onde $6,5/100 = 0,065$, e assim para as demais categorias.

Portanto, o valor resultante é compreendido entre 1 - 6, onde o valor mínimo (1) corresponde-se a uma área original ou completamente natural (Ahemeróbica), enquanto que o valor máximo (6) corresponde-se a uma área completamente artificializada (Metahemeróbica).

RESULTADOS

A aplicação da classificação supervisionada MAXVER produziu o mapa de cobertura da Terra com 13 classes (Figura 5), que através da análise dos usos da terra, permitiram a reclassificação em 6 níveis hemeróbicos com o seu respectivo índice de hemerobia geral da BHRC.

Figura 5 -Mapa de Coberturas da Terra da BHRC (2024)



Fonte: Os autores, 2024. aplicando classificação digital supervisionada da imagem *Landsat 9* e interpretação visual com *Google Earth*.

As coberturas da terra identificadas e mapeadas foram:

Florestas Semidecíduas: São ilhas de florestas ou fragmentos florestais naturais isolados, encontrados em áreas abertas das zonas de contato savana-floresta (HUBER et al., 2006), apresenta, frequentemente, dois períodos anuais bem-marcados por chuvas e secas, onde ocorrem os tipos florestais estacionais.

Mata Ciliar: sendo a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias, diferencia-se da Mata de Galeria pela deciduidade e pela composição florística, sendo que na Mata Ciliar há diferentes graus de caducifólia na estação seca enquanto, a Mata de Galeria é perenifólia (EMBRAPA, 2024).

Savana Parque: Subgrupo de formação constituído essencialmente por um estrato graminóide, integrado por hemicriptófitos e geófitos de florística natural ou antropizada, entremeado por nanofanerófitos isolados, com conotação típica de um “Parque Inglês” (*Parkland*). Sua fisionomia é caracterizada pela presença de árvores baixas, espaçadas (isoladas), em meio a um estrato herbáceo contínuo (IBGE, 2012).

Savana Limpas: Prevalecem nesta fisionomia, quando natural, os gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que ocupam extensas áreas dominadas por hemicriptófitos e que, aos poucos, quando manejados através do fogo ou pastoreio, vão sendo substituídos por geófitos que se distinguem por apresentar colmos subterrâneos, portanto mais resistentes ao pisoteio do gado e ao fogo (*op cit*, 2012).

Savanas Inundáveis: Este subgrupo de formação recobre geralmente nas depressões, que na época das chuvas são alagadas por não possuírem boa drenagem principalmente compostas por plantas herbáceas e gramíneas (*op cit*, 2012).

Solos expostos: áreas que não apresentam nenhum tipo de vegetação, somente a rocha ou desmatamentos para agricultura (*op cit*, 2012).

Como também, logra-se identificar áreas afetadas pela intervenção humana, tais como: Construções, Plantações Florestais (*Acacia mangium*), Cultivos (soja, milho e alguns frutais), Desmatamentos e áreas naturais queimadas, como também Corpos de Água (lagoas, embalses, rios e igarapés).

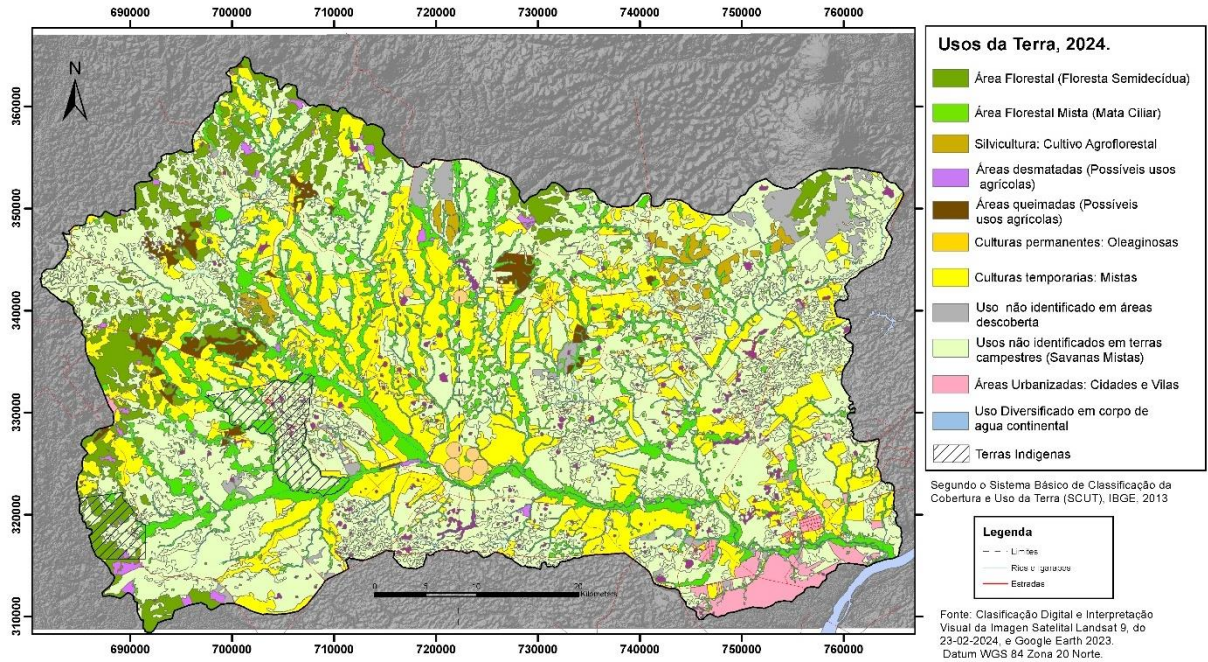
No Quadro 4 são resumidos as diferentes coberturas e seus respectivos usos da terra os quais são amplamente descritos no SCUT do IBGE (2013), e na Figura 6, onde é possível observar a distribuição espacial dos usos da terra na BHRC.

Quadro 4 -Superfícies das Coberturas da Terra e dos Usos da Terra na BHRC, 2024.

ID	Tipos de Coberturas da Terra	Sup. (ha.)	Usos da Terra	Sup. (ha.)
1	Florestas Semidecíduas	20.827	Area Florestal (Florestas Semidecíduas)	20.827
2	Mata Ciliar	40.414	Mata Ciliar	40.414
3	Plantações Florestais	3.049	Silvicultura: Cultivo Agroflorestal	3.049
4	Savana Parque	79.919	Usos não identificados em terras campestres (Savanas Misturadas)	168.387
5	Savana Limpa	39.065		
6	Savana Inundáveis	49.403		
7	Corpos de Água	3.858	Uso Diversificado em corpo de água continental	3.858
8	Cultivos	62.178	Culturas Temporárias (varias)	62.178
9	Cultivos circulares	1.155	Culturas Semipermanentes: Oleaginosas	1.155
10	Desmatamentos	1.697	Áreas desmatadas: Possíveis usos agrícolas	1.697
11	Queimadas	4.427	Áreas queimadas: Possíveis usos agrícolas	4.427
12	Solo Exposto	6.623	Uso não identificado em áreas descobertas	6.623
13	Construções	5.526	Áreas Urbanizadas: Cidades e Vilas	5.526
	Total	318.141	Total	318.141
			Outros usos: Terras Indígenas	9.594

Fonte: Classificação em base ao IBGE, 2013. Elaboração ou organização: Os autores, 2024

Figura 6 -Mapa de usos da terra da região BHRC, 2024. Reclassificado onde inclui-se as diferentes áreas com atividades humanas e com coberturas ainda naturais, com sobreposição dos territórios indígenas de *Sucuba* e *Raimundão*.



Fonte: Os autores, 2024.

Outro resultado importante foi a classificação dos usos da terra, segundo seus níveis de hemerobia, onde foi possível diferenciar 6 níveis na BHRC (Quadro 5):

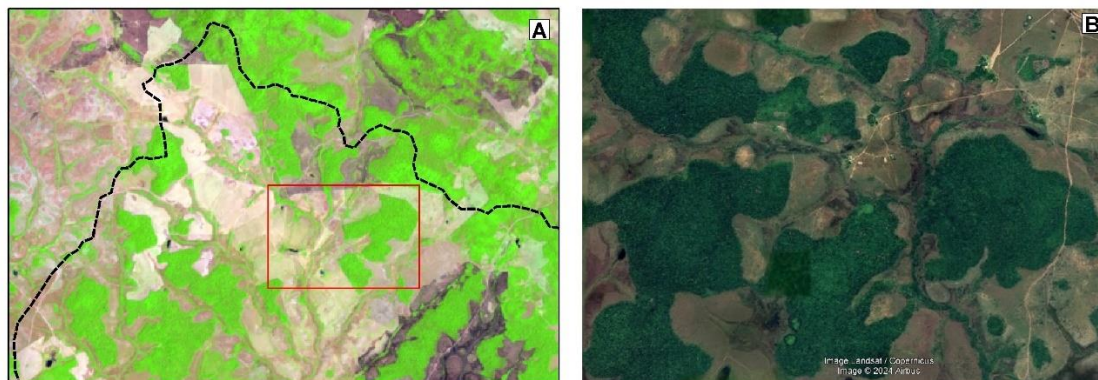
Quadro 5 - Níveis hemeróbicos da paisagem na BHRC, 2024.

N	Níveis de Hemerobia	Uso da Terra	Área. (ha.)	%
1	Ahemeróbico	Area Florestal (Florestas Semidecíduas).	20.827	6,5
2	Oligohemeróbico	Mata Ciliar e Usos não identificados em terras campestres (Savanas Parque e Inundáveis e Uso Diversificado em corpo de água continental.	173.594	54,6
3	Mesohemeróbico	Usos não identificados em terras campestres (Savanas Limpa).	40.762	12,8
4	Euhemeróbico	Culturas Temporárias (várias) e Uso não identificado em Áreas Descobertas e Áreas Queimadas.	73.228	23,1
5	Polihermeróbico	Silvicultura: Cultivo Agroflorestal e Culturas Semipermanentes.	4.204	1,3
6	Metahemeróbico	Áreas Urbanizadas: Cidades e Vilas.	5.526	1,7
	Total	BHRC	318.141	100,0

Fonte: Os autores, 2024

O primeiro nível (1), “Ahemeróbico”, é composto pelas Áreas Florestais (Florestas Semidecíduas), com uma superfície de 20.827 ha, 6,5% da superfície total da bacia, tendo um grau de naturalidade original ou paisagem natural, sem nenhum ou escassa degradação ambiental sem apresentar mudanças na estrutura de seu geossistema (Figura 7).

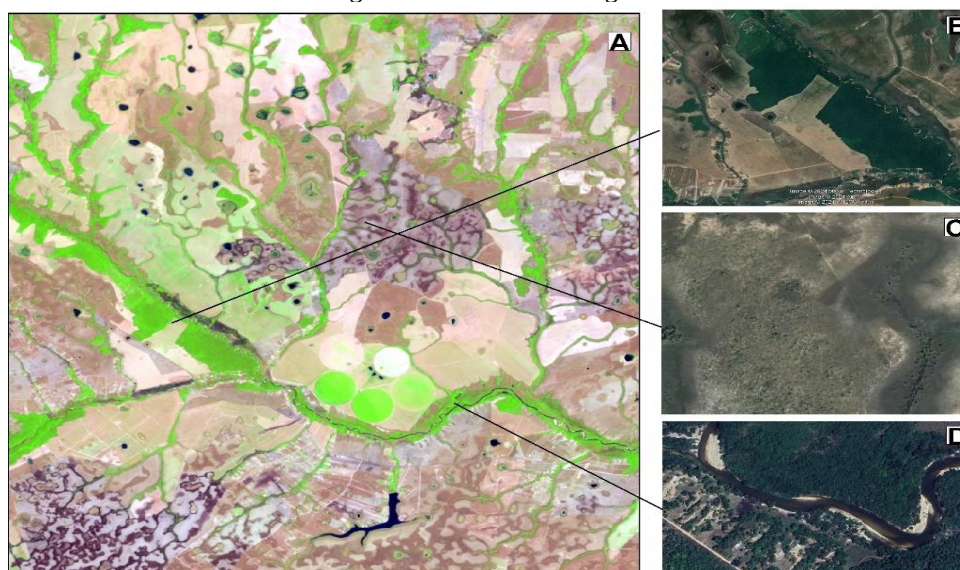
Figura 7 - Ex. Nível 1-Ahemoróbico



Fonte: Os autores, 2024. (A) Imagem da área de estudo (Landsat 9 B6/B5/B4); (B) Imagem Google Earth Copernicus 2024, Ilhas de Florestas Semidecíduas.

O segundo nível (2), “Oligohemeróbico”, está composto por usos de áreas florestais (Mata Ciliar), Usos não Identificados em Terras Campestres (Savana Parque) e Usos Diversificados em Corpos de Água Continental, com uma superfície de 173.594 ha, 54,6%, a maior superfície da bacia. Com um grau de naturalidade muito próximo ao natural, com modificações quase nulas e focos limitados de alterações, apresenta poucas mudanças na estrutura de seu geossistema original (Figura 8).

Figura 8 - Ex. Nível 2-Oligohemeóbico

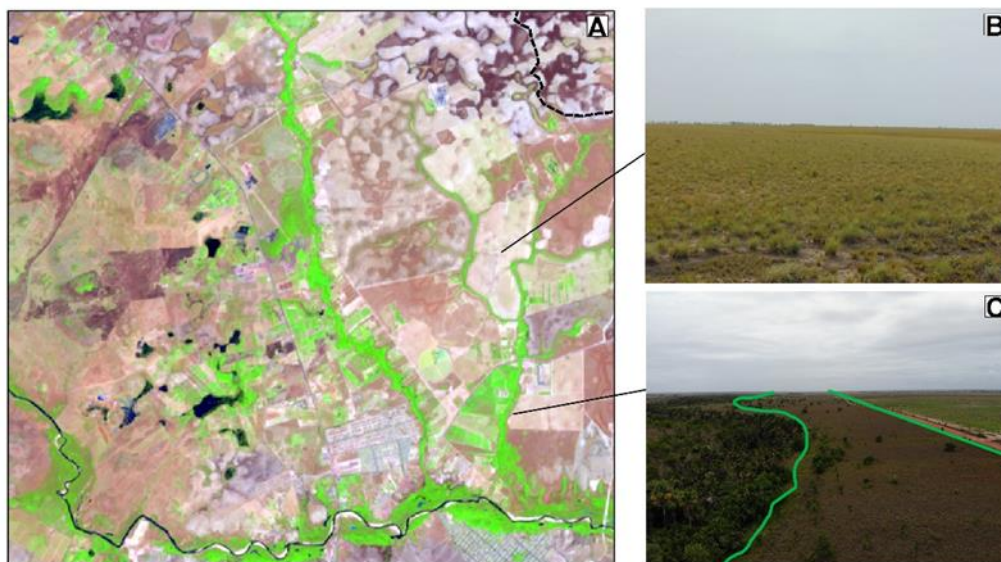


Fonte: Os autores, 2024. (A) Imagem da área de estudo; (B) Mata Ciliar; (C) Savana Parque; (D) Corpo de Água (Rio Cauamé).

O terceiro nível (3), “Mesohemeróbico”, possuem usos não identificados em áreas campestres (Savana Limpa), tendo uma superfície de 40.762 ha, 12,8% da superfície total da bacia, com

um grau de naturalidade seminatural; são paisagens pastoris medianamente modificadas, com desmatamentos parciais, e com alteração inicial do equilíbrio geoecológico, havendo mudanças parcialmente visíveis na estrutura do geossistema (Figura 9).

Figura 9 - Ex. Nível 3-Mesohemeróbico



Fonte: Os autores, 2024. (A) Imagem da área de estudo; (B) Savana Limpa; (C) Savana limpa e Mata Ciliar.

O quarto nível (4), “Euhemeróbico”, representado por usos de culturas temporárias, solos expostos e áreas queimadas (possível usos agrícolas), com uma superfície geral de 73.228 ha, 23,1% da superfície total da bacia. Tendo um grau de naturalidade distante do natural, com cultivos na maioria dos casos artificializados e remoção total das coberturas originárias, são paisagens agrícolas fortemente modificadas, com alta modificação do ambiente natural: desmatamentos e aragem generalizada com substituição significativa da natureza, com uma alteração geral do equilíbrio geoecológico e mudanças visíveis na estrutura do geossistema (Figura 10).

Figura 10 - Ex. Nível 4-Euhemeróbico

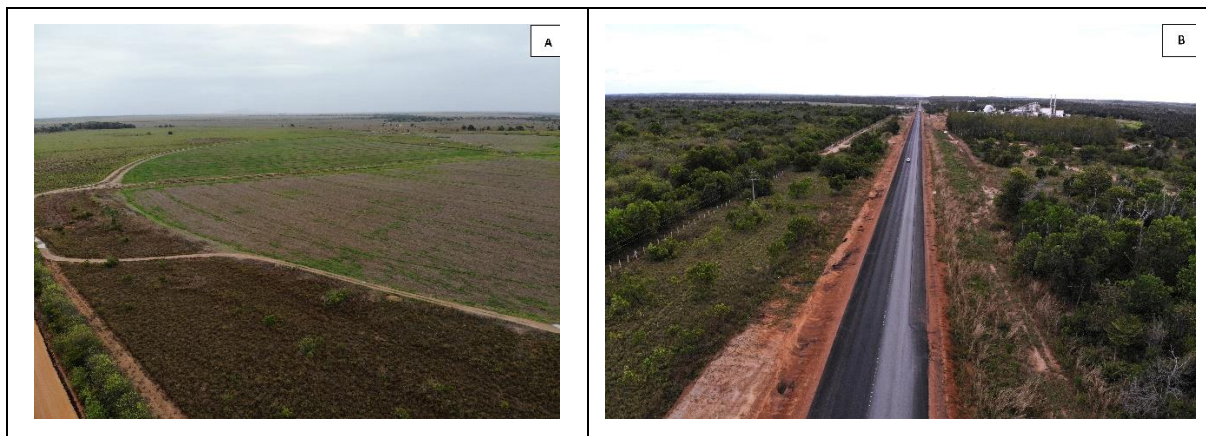


Fonte: Os autores, 2024. (A) Áreas de Cultivos; (B) Solos expostos; (C) Áreas Queimadas.

O quinto nível (5), “Polihemeróbico”, é composto por culturas semipermanentes artificializadas (cultivos circulares: soja principalmente) e silviculturas (cultivos agroflorestais: *Acácia mangium*), com uma superfície estimada de 4.204 ha, 1,3% da superfície da bacia. Apresenta um grau de naturalidade muito longe do natural, gerando paisagens agrícolas e agroflorestais

fortemente transformadas com artificialização significativa e modificações do ambiente natural, ocasionando degradações ambientais importantes (positivo no caso das silviculturas), e em alguns casos o avanço da urbanização, tendo mudanças visíveis na estrutura do geossistema, com tempos de modificações muito curtos de 1 – 2 anos (Figura 11).

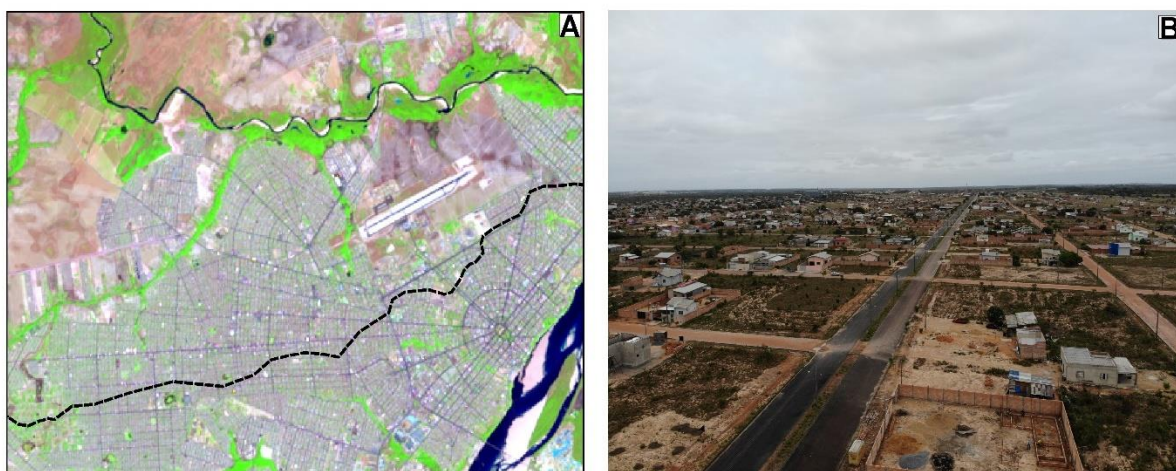
Figura 11 - Ex. Nível 5-Polimeróbico



Fonte: Os autores, 2024. (A) Áreas de Cultivos circulares; (B) Plantações Florestais na rodoviária BR-174, no fundo usina elétrica.

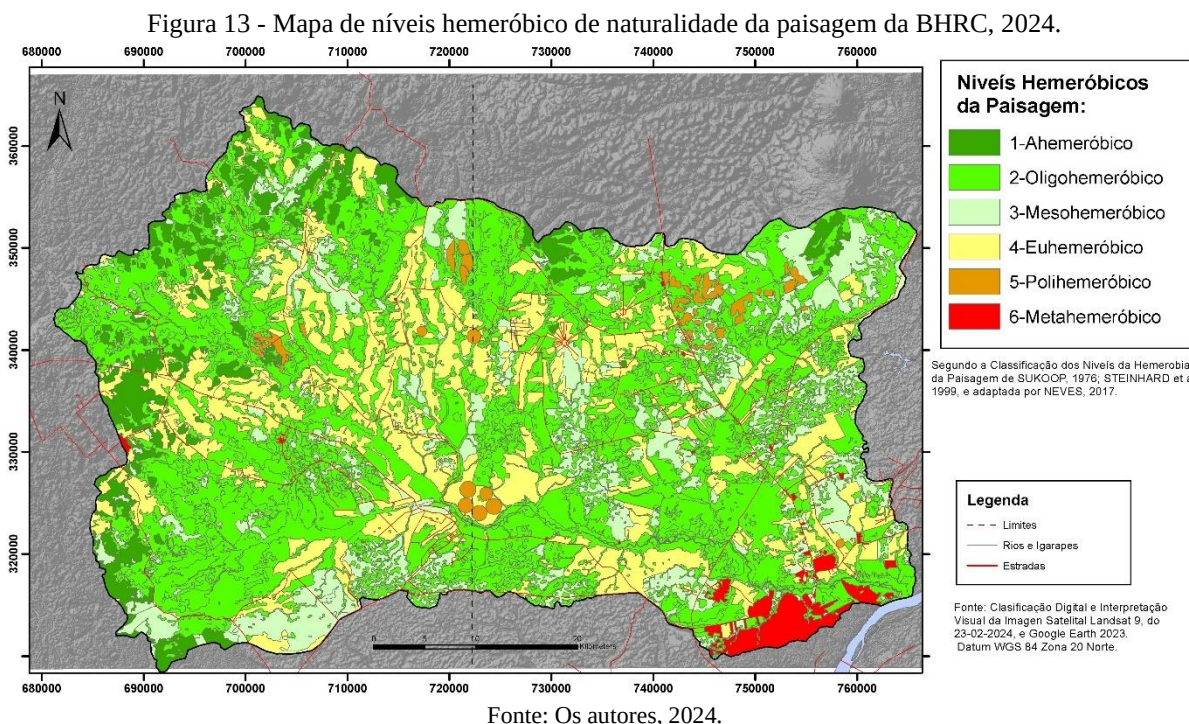
O sexto nível (6), “Metahemeróbico”, são as áreas urbanizadas, incluindo parte das cidades de Boa Vista e Alto Alegre e demais vilarejos dentro da bacia, representado uma superfície de 5.516 ha, 1,7%, com um grau de naturalidade artificial, gerando paisagens antrópicas artificializadas, ocasionando modificações drásticas sobre a paisagem, sem recuperação geoecológica da paisagem original, e mudanças sobre o geossistema extremamente visível com tempos de modificações muito curtos inclusive anualmente: com a inclusão de novas urbanizações da cidade de Boa Vista, vilas e estradas no interior da BHRC (Figura 12).

Figura 12 - Ex. Nível 6-Metameróbico



Fonte: Os autores, 2024. (A) Cidade de Boa Vista; (B) Vila Pedra Pintada (Urbanismo recente).

Os diferentes níveis hemeróbicos de naturalidade da paisagem e sua distribuição espacial para o ano 2024 dentro da bacia, estão representados na Figura 13, onde se destacam os seis níveis hemeróbico. Os níveis que têm maior superfície são 2, 3 e 4, distribuídos no centro da bacia, enquanto que os de menor superfície são os níveis 1, 5 e 6, esse último correspondente às áreas urbanizadas, estradas e vilarejos.



O último resultado foi o cálculo do nível hemeróbico e grau de degradação socioambiental geral da paisagem, aplicando-se a fórmula descrita no item da metodologia, onde na BHRC apresentou um valor de 2,62 aproximando ao **3**, de naturalidade geral da paisagem, indicando que quase a metade da área de BHRC foi de alguma maneira afetada pelas atividades antrópicas. Descrevendo que a paisagem geral da área se encontra no nível **Mesohemeróbico**, sendo uma paisagem em estado seminatural, segundo o índice geral de hemerobia por área ponderada simples.

DISCUSSÃO

Os resultados fornecem uma visão geral do estado atual do ambiente na BHRC, com o mapeamento atualizado das coberturas e usos da terra, o que oferece um diagnóstico operacional rápido e preciso das principais degradações ambientais observadas na área, que foram demonstradas por Vera, Tavares Junior e Beserra Neta (2023), onde nos últimos anos 1988 até 2023, a bacia tem experimentado um forte processo de fragmentação espacial e mudanças nas coberturas da terra, sendo uma consequência das atividades humanas relacionadas com o desmatamento, a extração de madeira e queimadas, como também cortes de terreno para infraestruturas, núcleos habitacionais e campos agrícolas, na maioria em paisagens de savanas. Para o ano 2023, as Coberturas agrícolas e Construções tinham superfícies de 47.482 e 5.323 ha, respectivamente, já para o ano 2024, ocorreu um aumento nessas classes, onde se observa mudanças nas Coberturas Agrícolas e Construções com

superfícies de 63.733 e 5.526 ha., respectivamente, observando-se um forte processo de colonização e expansão agrícola na região no último ano.

Para o ano 2024 foram registrados um incremento significativo das áreas queimadas tanto de Savanas Naturais como de Mata Ciliar, com uma área de 4.427 ha, incrementando as áreas desmatadas pelo fogo em 226,4 %, onde em 2023 foi de 1.955 há, para possível uso agrícola (Vera; Tavares Junior e Beserra Neta, 2023). Questão que é muito preocupante, já que os relictos de Florestas Semidecíduas e as Matas Ciliares cumprem a importante função de habitats e corredores para a fauna silvestre, pois permitem que animais possam deslocar-se de uma região para outra, tanto em busca de alimentos como para fins de acasalamento (WWF-Brazil, 2024). Também, é uma vegetação muito importante para a proteção dos rios e lagos, tendo o papel de controlar a erosão nas margens dos cursos de água, evitando o assoreamento dos igarapés. Além disso, mantém a qualidade e quantidade de água, filtra os possíveis resíduos de produtos químicos, agrotóxicos e fertilizantes (EMBRAPA, 2010).

Outro problema importante observado durante o mapeamento foi as obstruções das nascentes da água, pela proliferação de estradas rurais e barragens de igarapés para aproveitamentos agrícolas, que podem gerar uma diminuição significativa de espécies aquáticas (anfíbios, répteis, insetos, mamíferos, aves e peixes) e os caudais das nascentes, afetando o equilíbrio ecológico da região.

Portanto, a supressão das áreas de vegetação nativa em virtude da expansão de atividades antrópicas, segundo Almeida, Batista da Cunha e Nascimento (2012), não altera apenas a geodiversidade das paisagens, mais também atua como agente causador da perda de fertilidade dos solos, assoreamento de barragens e rios, e na aceleração de processos erosivos, principalmente por conta do manejo inadequado dos solos, que gera um aumento significativo do carreamento de insumos agrícolas e de matérias orgânicas para o leito dos cursos de água, contribuindo na ocorrência de eutrofização, com aumento na concentração de sólidos e nutrientes na água dos igarapés.

Por enquanto, para fins de conservação da natureza, as áreas com nível (1) Ahemeróbico até (3) Mesohemeróbico, são de especial interesse porque são paisagens com infrequente ou pouca intervenção humana, incluindo Florestas Semidecíduas, Mata Ciliar, Savanas, Corpos de água ou outras coberturas da terra, com grau natural a seminatural. Não obstante, as demais áreas impactadas pelas atividades antrópicas em demais níveis hemeróbicos precisam de outras estratégias de planejamento, por serem geossistemas com substituição e degradações significativas da natureza, tendo uma alteração moderada ou geral do equilíbrio geoecológico destas paisagens na BHRC.

Também é recomendável aprofundar mais nos estudos das funções que cada unidade da paisagem oferece, tanto em seu grau de dependência energética e de tecnologia das paisagens e pela capacidade dessas se autorregular, ou seja, pela manutenção das funções da natureza (ou serviços ecossistêmicos) (Nucci e Berto, 2022). Assim, os estudos existentes devem ser aprimorados para que possam atender, cada vez mais, a necessidade de avaliar as paisagens, segundo graus de hemerobia, em escalas de grande detalhamento, privilegiando até o interior dos lotes nas cidades (Berto, 2019), muito importante para futuros planejamentos urbanos das cidades de Boa Vista e Alto Alegre.

CONCLUSÕES

Finalmente, a classificação de usos da terra, a proposta de níveis hemeróbicos e o índice geral hemeróbico da paisagem, permitiu quantificar e mapear com boa precisão as áreas que estão

sendo afetados por diferentes tipos de degradações no ambiente, produto das atividades antrópicas na BHRC, sendo importante o uso das geotecnologias para ter resultados detalhados.

O diagnóstico socioambiental, aplicando a hemerobia da paisagem, é um método amplamente utilizado no mundo, permitindo identificar as unidades da paisagem afetadas pelas degradações antrópicas, sendo de fácil aplicabilidade para a sua identificação e mapeamento no território, não só para a BHRC mais também para o Brasil.

Os resultados ilustram que as mudanças das coberturas e usos da terra são causadas por processos antropogênicos, principalmente pela expansão de áreas agrícolas. Nas áreas não alteradas, os ecossistemas paisagísticos são suficientemente estáveis, embora sejam conhecidas várias variações sazonais, e suas alterações seja insignificante em alguns casos e mais visível em outros.

Assim, os resultados podem ser usados para elaborar planos especiais nas áreas degradadas, promovendo uma boa gestão dessas áreas, tomando medidas reais, como por exemplo: promover a agricultura biológica, rotação de culturas, introdução de medidas ecológicas, usos da terra de acordo com suas capacidades geoecológicas, implementação de boas práticas agrícolas, expandindo a infraestrutura verde e estabelecendo áreas protegidas, desde o nível Ahemeróbico (1) até Eumeróbico (4), permitindo manter a integridade estrutural desses ambientes, com ações práticas para preservar a estabilidade e na manutenção de áreas danificadas (desmatamentos e queimadas) da paisagem na bacia.

No contexto jurídico, é necessário melhorar continuamente a legislação relativa ao enquadramento da natureza e desenvolver as metodologias de apoio necessárias na BHRC, com fins de garantir a sustentabilidade, vitalidade e capacidade das paisagens naturais e culturais, e cumprirem com suas funções ecológicas (aprovisionamento, manutenção, regulação), sociais, econômicas e ambientais, sendo necessário monitorizar a evolução da relação entre áreas naturais, bioprodutivas e urbanizadas em escalas mais detalhadas, e lutar para alcançar um ideal, baseado em critérios cientificamente válidos, com propostas abrangentes e eficientes ao longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. N.; BAPTISTA DA CUNHA, S.; NACISMENTO, F.R. A Cobertura Vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá – Nordeste do BRASIL/ PARAÍBA. **Revista GEONORTE**, v. 3, n. 6, p. 365–378, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1953> . Acesso em 21 jun. 2024.
- BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARNSIDE, P. M. The “*Lavrados*” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil Amazonian Savannas. In: **Global Science Books. Functional Ecosystem and Communities.**, v.1, n.1, p. 29-41, 2007. Disponível em: https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2007/2007BiodiversidadeSavanasRoraima-rr.pdf. Acesso em: 10 de fev. 2024.
- BELEM, A. L. G; NUCCI, J. C. Hemerobia das Paisagens: Conceito, Classificação e Aplicação no Bairro Pici-Fortaleza/CE. **Revista RA'E GA**. v.21, p. 204-233, 2011. <https://doi.org/10.5380/raega.v21i0.21247>

BERTO, V. Z. **Evolução e hemerobia da paisagem como indicadores de sustentabilidade ambiental urbana com base nos princípios do Planejamento da Paisagem: um estudo de caso do bairro Cachoeira no município de Curitiba – PR. 181f.** Tese (Doutorado em Ciências da Terra), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2019.

DAS NEVES, C. E. A Geografia Desconhecida de Georges Bertrand: Contribuições à Discussão e Aplicação do “Geossistema Complexo” no Brasil. **Revista de Estudos Geográficos**. Rio Claro, v. 15, n. especial, p. 139-166, 2017.
<https://doi.org/10.5016/estgeo.v15iESPECIAL.12785>

DE GROOT, R. S. **Evaluation of environmental functions as a tool in planning, management and decision-making**. Ph.D. (Thesis). Agricultural University. Wageningen. Netherlands, 1994.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projeto recupera matas ciliares de igarapés em Roraima**. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18129199/projeto-recupera-matas-ciliares-de-igarapes-em-roraima>. Acesso em: 20 de abril 2024

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mata Ciliar**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cece/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-ciliar>. Acesso em: 14 de maio 2024.

ESRI. Environmental Systems Research Institute, Inc. **Segment Mean Shift function**. 2023. Disponível em: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/segment-mean-shift-function.htm#ESRI_SECTION1_833311C0BD9A4231B4105F8888ECDDE1 . Acesso em: 20 nov. 2023

FEITOSA, K.K.A.; VALE-JUNIOR, J. F. Relações solo–vegetação em “ilhas” florestais e savanas adjacentes, no nordeste de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 135-146, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821098>

GLAWION, R. Ökosysteme und Landnutzung, [Ecosystems and land use]. In: LIEDTKE, H.; MARCINEK, J. (Eds.), **Physische Geographie Deutschlands**, [Physical geography of Germany]. Perthes Geographie Kolleg, 3 ed., Vol. 62, p. 289– 319, 2002.

HUBER, O.; STEFANO, R.D.; AYDMAR, G.; RIINA, R. Flora and vegetation of the Venezuelan Llanos: a review. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (eds.). **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation**. Oxford: Taylor & Francis Group, Boca Raton, p. 95-120, 2006.
<https://doi.org/10.1201/9781420004496>

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2012. 271 p.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**, 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 171 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo 2022. Cidades e Estados: RR-Boa Vista**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rr/boa-vista.html>. Acesso: 28 mar. 2024

JALAS, J. Hemerobe und hemerochrome pflanzenarten: ein terminologischer reformversuch. **Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica**, v. 72, p. 1–15, 1955.

JASINAVICIUTÉ, A.; VETEIKIS, D. Assessing Landscape Instability through Land-Cover Change Based on the Hemeroby Index (Lithuanian Example). **Land** **11**, v. 7, n. 1056, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.3390/land11071056>

MAYLE, F. E.; POWER, M. J. Impact of a drier 520 Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forests. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-**, v. 363, p. 1829-1838, 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0019>

NUCCI, J. C.; BERTO, V. Z. Hemerobia: Evolução do conceito e sua aplicabilidade na avaliação das paisagens do Bairro Cachoeira, Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Geografar**, 2022, v. 17, n 1, p. 274-298, 2022. <https://doi.org/10.5380/geografar.v17i1.81682>

OLIVEIRA, R.B. **Geoeecologia das paisagens do cerrado**: análise das relações socioambientais na bacia hidrográfica do rio Tocantinzinho – GO. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás, UFG, Goiânia, Brasil. 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. **Geoeecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 3º ed. Fortaleza: edições UFC, 2017, 222 p.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídio para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 208 p.

RUBIRA, G. F. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016. <http://dx.doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p134>

SCHAEFER, C.E.G.R. Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil. **Ci. Cult.** São Paulo, v, 49, p. 241-252, 1997.

SCHAEFER, C.E.G.R. & DALRYMPLE, J. Landscape evolution in Roraima, North Amazonia, Planation, paleosols and paleoclimates. Zeit. **Geomorph**, v. 39, p. 1-28, 1995.

SCHLÜTER, H. Kennzeichnung und Bewertung des Natürlichkeitsgrades der Vegetation [Identification and assessment of the degree of naturalness of vegetation]. **Acta Botanica Slovaca**, Series A: Taxonomica Geobotanica, (Suppl. 1), p. 277–283, 1984. <http://doi.org/10.1002/9783527678525.hbuw2006004>

SILVA, M. A; FARIA, K. M. Hemerobia de paisagem em áreas úmidas na zona urbana de Inhumas, GO, Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.15, p. 1-16, 2021. <http://dx.doi.org/10.5212/TerraPlural.v.15.2115201.021>

STEINHARDT, U.; HERZOG, F.; LAUSCH, A.; MÜLLER, E.; LEHMANN, S. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. In: PYKH, Y.A.; HYATT, D.E.; LENZ, R.J. (Org.). **Environmental Indices – System Analysis Approach**. Oxford: EOLSS Publ. p. 237-254, 1999.

SUKOPP, H. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland, [Dynamics and stability in Flora of the Federal Republic of Germany]. **Schriftenreihe für Vegetationskunde**, v. 10, p. 9–26, 1976.

VERA, J.J.M; TAVARES JUNIOR, S. S; BESERRA NETA. L. C. Dinámica espacial y temporal de los cambios de coberturas de la tierra en la Cuenca Hidrográfica del Rio Cauamé (1988-2023), Estado de Roraima, Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 22, e. 22028, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.4215/rm2023.e22028>

VOLK, M.; STEINHARDT, U. Landscape and landscape ecology. In: BASTIMA, O.; STANHARDT, U. (Org.). **Development and Perspectives of Landscape Ecology**. Germany: Springer Science, v. 1, p.1-47, 2002. <http://doi.org/10.1007/978-94-017-1237-8>

WALZ, U. L; STEIN, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. **Journal for Nature Conservation**, Dresden, Germany. v.22, n. 1, p.279–289, 2014. <http://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.007>

WWF-Brazil. World Wildlife Fund-Brazil. **O que são as matas ciliares e as reservas legais?**. 2024. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/matatas_ciliares/#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%20as%20matas%20ciliares%20e%20as%20reservas%20legais,os%20c%C3%ADlios%20para%20nossos%20olhos. Acesso: 26 mar. 2024.

ZEPP, H.; STEIN, S. Zur Problematik geoökologischer Kartierung in intensiv genutzten Agrarlandschaften. Ein Diskussionsbeitrag zur Hemerobiestufenerfassung im Rahmen der geoökologischen Landschaftsaufnahme. **Geographische Zeitschrift**, v. 79, n.2, p. 94 – 112, 1991.

7 PROPOSTAS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM, NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAME (BHRC), RR-BRASIL.

**PROPOSTAS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM, NO
PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CAUAME (BHRC), RR-BRASIL**

**PROPUESTAS DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL DEL PAISAJE, EN LA PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL DE LA CUENCA HIROGRÁFICA DEL RIO CAUAMÉ, RR-BRASIL**

**PROPOSALS FOR SPATIAL ORGANIZATION OF THE LANDSCAPE IN THE TERRITORIAL
PLANNING OF THE CAUAMÉ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, RR-BRAZIL**

INTRODUÇÃO

As rápidas mudanças no uso da terra estão causando a degradação ambiental dos territórios, esgotando a disponibilidade de recursos naturais, não apenas em escala global, mas também em áreas locais (FAO, 2020). O estudo espaço-temporal, o estado atual e as perspectivas futuras de mudança de uso da terra são elementos importantes a serem levados em consideração no momento de elaborar propostas de planejamento do uso da terra. A ocupação desordenada dos ecossistemas naturais para diferentes usos e a falta de manejo adequado estão levando à extinção em massa de diversas espécies (RODRIGUEZ et al., 2012), como também os impactos ambientais negativos, com frentes maléficas, são os responsáveis pela formação dos processos de degradação ambiental, que não possuem nenhum caráter positivo e são responsáveis por diminuir a capacidade produtiva dos ecossistemas (GOMES; VITTE, 2017).

O alvo deste trabalho orienta-se no planejamento e no manejo ambiental e pode ser definido como “o iniciar e a execução de atividades para dirigir e controlar a coleta, a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas, com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos e sociais” (BALDWIN, 1985).

No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), área de estudo desta pesquisa, as mudanças aceleradas no uso da terra, estão degradando os recursos naturais, sendo as principais causas o crescimento acelerado da população nos últimos anos, produto de um forte processo migratório (BEANINGER et al., 2022), o aumento das atividades agrícolas com a frequente retirada da vegetação original está gerando sérios danos geoecológicos na bacia (VERA; TAVARES JÚNIOR; BESERRA NETA, 2023).

O objetivo deste apartado é apresentar propostas de usos da terra, que possam ajudar no esclarecimento das possíveis opções de usos na Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC). Sendo alguns dos usos que podem ser aplicados na Bacia, conforme a revisão bibliográfica de

documentos técnicos-científicos e segundo a normativa vigente no Brasil, gerando uma cartografia de sínteses geográficas, com o uso das técnicas de Geoprocessamento, do material cartográfico previamente trabalhado, e assim obter um resultado mais próximo da realidade geoecológica da BHRC.

MÉTODOS

Como fonte de informação, foram tomadas as características físico-bióticas das unidades da paisagem (resumidas no mapa de aptidão da terra) e as classificações dos níveis hemeróbicos de naturalidade da paisagem segundo o Diagnóstico Socioambiental, anteriormente trabalhadas nesta pesquisa.

INTEGRAÇÃO CARTOGRÁFICA.

Para a realização do mapa de opções de usos da terra foi necessário a integração de dos camadas sínteses previamente editadas e verificadas com o uso de imagens *Landsat 9* (2024-02-23) e *GOOGLE EARTH PRO* (2024) para sua correta delimitação.

A primeira camada foi de feita por Schaeffer e Faria, com escala 1:600.000, para o ZEE-RR (2023), onde foi extraído e editada para escala 1:100.000, só da área de estudo, aplicando-se técnicas de fotointerpretação e edição. Onde a classificação de Aptidão Agrícola das Terras, considera o sistema desenvolvido por Ramalho Filho; Beek (1995), nos níveis de manejo A, B e C (Quadro 1), a fim de diagnosticar o potencial de uso e manejo solos do Estado de Roraima, a partir das informações geradas nos estudos pedológicos realizados para o ZEE-RR (2022), onde a mesma resume os elementos físico-bióticos da paisagem na BHRC.

Níveis de Manejo no Solos da BHRC:

Nível A: Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e as lavouras; as práticas agrícolas dependem do trabalho braça, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

Nível B: Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio; caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

Nível C: Baseados em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico; caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; a motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

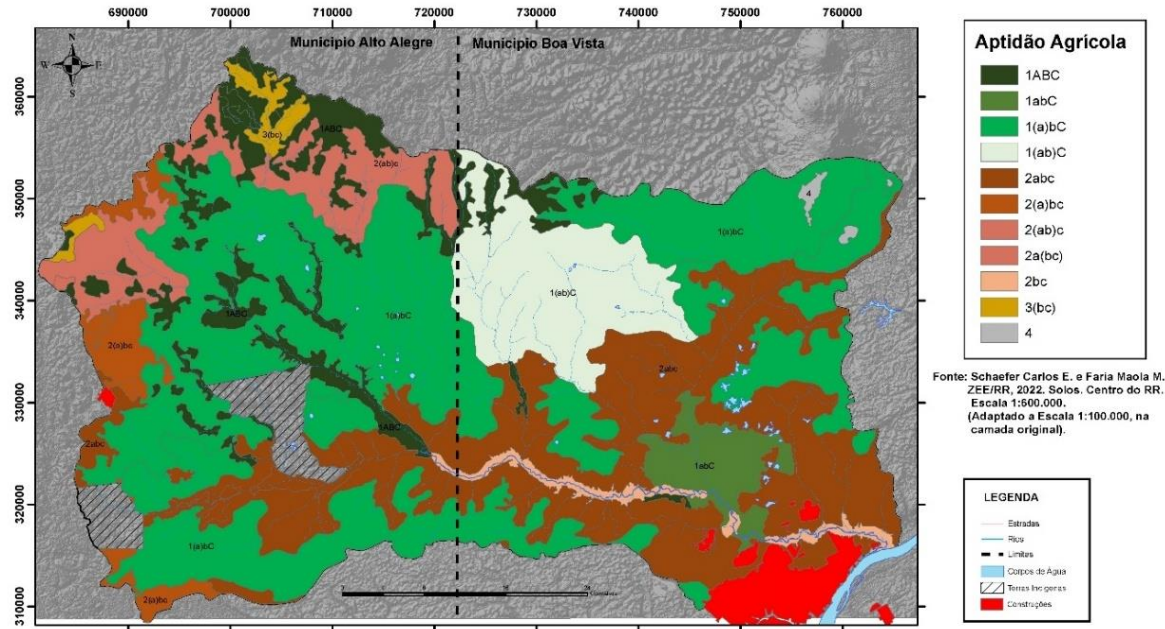
Quadro 1 - Simbologia correspondente as classes agrícolas de aptidão agrícola das terras.

Classes de aptidão agrícola	Lavouras			Integração (Lavoura/Pecuária)	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de Manejo					
	A	B	C	Nível de Manejo B	Nível de Manejo B	Nível de Manejo A
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	A	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: Schaefer e Faria, (2022).

A classificação da aptidão agrícola mostra que na região BHRC, ocorrem áreas com grande potencial para desenvolver atividades agrícolas de acordo com suas necessidades agroecológicas (Figura 1), e suas características são apresentadas no Quadro 2.

Figura 1 - Mapa de Aptidão Agrícola da BHRC.



Fonte: Adaptado de Schaefer Carlos E. e Faria M. ZEE-RR, 2022. Solos. Centro do RR. Escala 1:600.000.

Quadro 2 -Grupos de Aptidão, solos e superfícies estimadas na BHRC

Grupo	Solos (siglas)	Aptidão	Descrição	Área há. (%)
Grupo 1: Aptidão Boa para Lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo: A, B ou C.	NVe2 NVe3 NVe4	1 ABC	Aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e C em associação com terras de aptidão inferior.	27.132 (8,78)
	LAd16	1 (a b) C	Aptidão restrita para os níveis A e B, e boa no nível de manejo C	28.010 (9,06)
	LAd17 LAd18 LAd20	1 (a) b C	Aptidão restrita para o nível A, regular no manejo B e boa para no nível C	125.501 (40,62)
	LVe2	1 a b C	Aptidão regular para os níveis A e B, e boa no nível de manejo C	9.674 (3,13)
Grupo 2: Aptidão Regular para Lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo: A, B ou C.	LVAd11 PVAd16 PVAd17	2 (a) b c	Aptidão restrita para lavoura no nível de manejo A e regular nos níveis de manejo B e C	8.797 (2,85)
	PAd5	2 (a b) c	Aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo A e B e regular no nível de manejo C em associação com terras de aptidão inferior	19.409 (6,28)
	PVAd24	2 a b c	Aptidão regular para lavoura nos níveis de manejo A, B e C	81.683 (26,43)
	GXbd4	2 b c	Aptidão regular para lavoura nos níveis de manejo B e C em associação com terras de aptidão inferior	4.517 (1,46)
	SXe2	2 a (bc)	Aptidão regular para lavoura no nível de manejo A e restrita nos níveis de manejo B e C em associação com terras de aptidão inferior	194 (0,06)
Grupo 3: Aptidão Restrita para Lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	PAd7 PAd8	3 (bc)	Aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo B e C	3.291 (1,07)
Grupo 4: Inaptas para lavouras em todos os níveis	RLd4	4	Solos inaptas para lavouras, muito baixa aptidão agrícola, terras indicadas para preservação da flora e da fauna	789 (0,26)

Siglas Solos: NVe (Nitossolo Vermelho eutrófico), LAd (Latossolo Amarelo distrófico), LVe (Latossolo Vermelho eutrófico), LVAd (Latossolo Vermelho-Amarelo), PVAd (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico), PAd (Argissolo Amarelo distrófico), GXbd (Gleissolo Háplico distrófico), SXe (Planossolo Háplico eutrófico), RLd (Neossolo Nitólico distrófico).

Fonte: ZEE-RR, 2022.

E a segunda camada foi o mapa de níveis hemeróbicos de naturalidade da paisagem previamente feito no artigo 5 desta tese. Sendo interceptadas com o SIG, gerando um complexo territorial, podendo ter boa precisão nas decisões de usos da terra, após um processo árduo de fotointerpretação e edição dos polígonos, com ajuda das imagens de satélite, obtendo um mapa com boa precisão espacial, muito adaptado à realidade geocológica da BHRC.

As classificações das propostas de usos da terra foram tomadas do IBGE (2012; 2013), do ZEE-RR (2023) e de outras fontes oficiais. É assim geral o mapa de opções de usos propostos, onde estas propostas estão orientadas segundo suas características geocológicas, usos atuais da terra e legislação vigente para a BHRC.

RESULTADOS

Como resultados, temos uma síntese geográfica, produto da integração dos elementos físico-bióticos da paisagem, expressada em um complexo territorial que forma a BHRC. Os usos da terra propostos são descritos no Quadro 3.

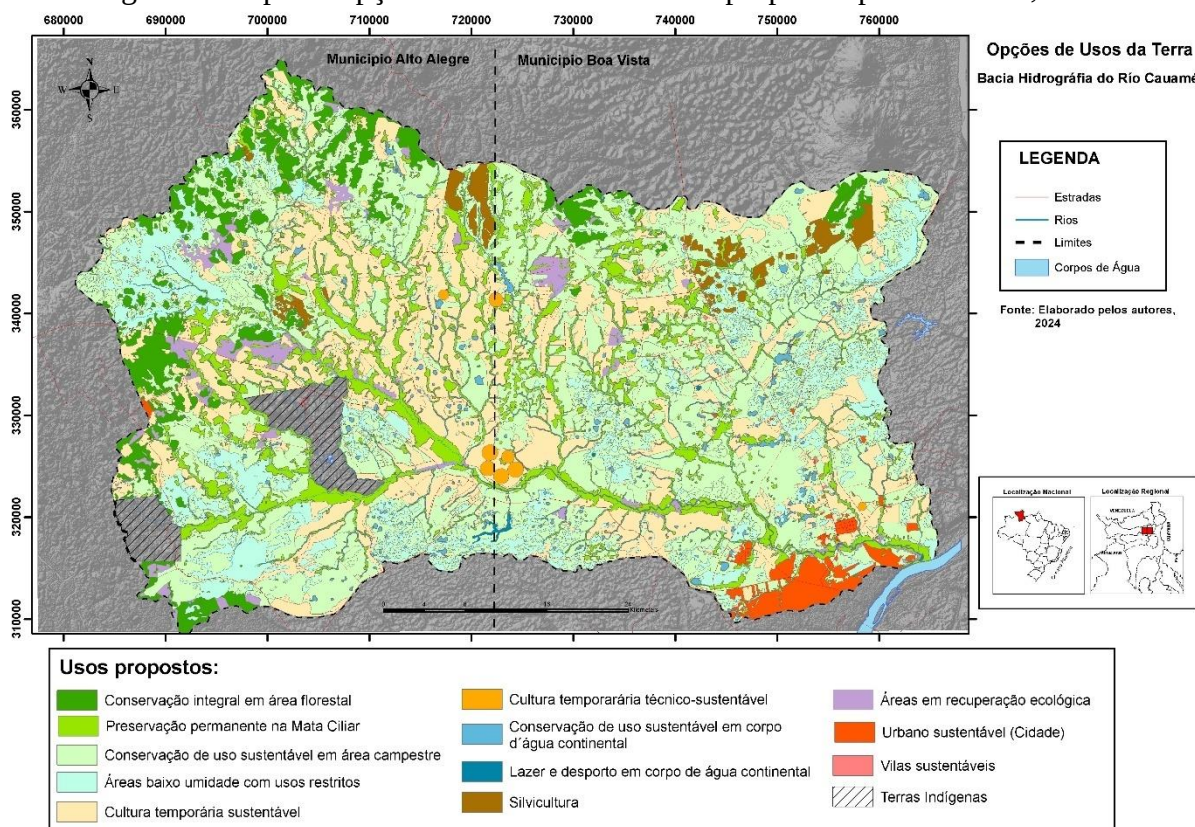
Quadro 3 - Usos da terra propostos segundo seus níveis de hemerobia de naturalidade da paisagem, coberturas da terra e superfícies em hectares para a BHRC

Usos Propostos	Níveis de Hemerobia	Coberturas da terra	Superfície (Ha.)
1-Conservação integral em área floresta	1-Ahemeróbico	Florestas Semidecíduas	19.524
2-Área de preservação permanente em Mata Ciliar	2-Oligohemeróbico	Matas Ciliares	40.868
3-Conservação de uso sustentável em área campestre	2-Oligohemeróbico 3-Mesohemeróbico	Savanas Parques, Savanas limpas e Solos expostos	124.514
4-Áreas baixo umidade com usos restritos	2-Oligohemeróbico	Savanas inundáveis	32.468
5-Cultura temporária sustentável	4-Euhemeróbico	Cultivos	69.246
6-Cultura temporária técnico-sustentável	5-Polihemeróbico	Cultivos circulares: oleaginosas	1.156
7- Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água continental	1-Ahemeróbico 2-Oligohemeróbico	Corpos de água: Lagos, lagoas, rios e igarapés	3.539
8-Lazer e esporte em corpo d'água continental	3-Mesohemeróbico	Solos expostos (praias de rio) e lagos	261
9-Silvicultura	5-Polihemeróbico	Plantações Florestais	5.327
10-Áreas em recuperação ecológica	3-Mesohemeróbico	Áreas com distúrbios antrópicos: desmatamentos e queimadas	6.405
11-Terras Indígenas	Sem classificar	Territórios de usos indígenas	9.594
12-Urbano e Vilas sustentáveis	6-Metahemeróbico	Usos urbanos e residenciais	5.506

Fonte: Os autores, 2024.

A distribuição espacial destas propostas de usos da terra está apresentada na Figura 2.

Figura 2 -Mapa de opções de usos da terra: Usos propostos para a BHRC, 2024



Fonte: Os Aurores, 2024.

Dentre dos usos propostos da terra mapeados foram:

1-Conservação integral em área florestal (Florestas Semidecíduas): são aquelas áreas onde a exploração ou o aproveitamento dos recursos naturais florestais estão vedados, admitindo-se apenas o aproveitamento indireto dos seus benefícios, com exceção dos casos previstos por lei. Essas unidades estão divididas legalmente nas seguintes modalidades: Reserva Biológica, Estação Ecológica, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre, podendo ser federais, estaduais, municipais ou particulares (IBGE, 2013).

2-Preservação permanente na Mata Ciliar: A Mata Ciliar é uma área de preservação permanente, deve-se manter intocada, e, caso esteja degradada, deve-se prever a imediata recuperação (BRASIL, 1965). A Mata Ciliar é aquela mata que fica nas margens dos rios, igarapés, lagos, olhos de água e represas, importantes para a proteção de rios e lagos. Essa vegetação tem o papel de controlar a erosão nas margens dos cursos de água evitando o assoreamento dos mananciais. Além disso mantém a qualidade e a

quantidade de água, filtra os possíveis produtos químicos, fertilizantes e agrotóxicos, auxilia na proteção dos animais existentes no local e controla pragas nas plantações (EMBRAPA, 2010; EMBRAPA, 2024).

3-Conservação de uso sustentável em área campestre: são áreas nas quais a exploração e o aproveitamento econômico direto são permitidos, mas de forma planejada e regulamentada. Incluem-se nesta categoria as seguintes modalidades: Área de Proteção Ambiental, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural e Área de Relevante Interesse Ecológico. Entende-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Conforme o IBGE (2012) estão incluídas nessa categoria as Savanas, Estepes, Savana-Estépica, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos.

4-Áreas baixo umidade com usos restritos: são áreas com limitações de uso, donde nos períodos de chuvas estão alagadas, como também são áreas onde o nível freático sempre está presente, pelo geral são áreas produtoras de água em período de secas, e que segundo suas aptidão agrícola tem solos muito pobres (1(a)bc, Latossolos Amarelos, 2(ab)c, Argissolo Vermelho, 2abc, Argissolo Vermelho-Amarelo), solos de baixa fertilidade e com problemas de natureza física que merecem usos de preservação (ZEE-RR, 2023).

5-Cultura temporária sustentável: No sentido amplo, a terra agrícola pode ser definida como terra utilizada para a produção de alimentos. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas com baixo alagamento. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de “plantations”. Encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas, e áreas comprovadamente agrícolas cujo uso não foi identificado no período do mapeamento (IBGE, 2013).

6-Cultura temporária técnico-sustentável: são terras agrícolas pode ser definida como terra utilizada para a produção de alimentos e commodities do agronegócio. Onde existe

a presença de uma alta tecnificação produtiva, pelo geral são culturas com forma circulares neste mapeamento. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de “plantations”, pelo geral graníferas e cerealíferas.

7- Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d’água continental: são áreas nas quais a exploração e o aproveitamento econômico direto são permitidos, mas de forma planejada e regulamentada. Onde podem ser incluídas nesta categoria as seguintes modalidades: Área de Proteção Ambiental, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural, Área de Relevante Interesse Ecológico ou Usos Ecoturísticos (IBGE, 2013), por exemplo: lago Caracaranã, Robertinho e Azul nas proximidades de Boa Vista.

8-Lazer e desporto em corpo de água continental: refere-se a todas as atividades realizadas em corpo d’água com o objetivo de propiciar o descanso da população ou servir de veículo para competições. Podem ser descritas como de contato primário, o que significa o contato direto com a água (natação, atividades subaquáticas, etc.); contato secundário é o contato indireto com a água, como, por exemplo, a navegação (regatas, turísticas), pesca amadora, entre outros (*op cit.* 2013).

9-Silvicultura: Atividade ligada a ações de composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira, de papel e celulose ou para o consumo familiar. A silvicultura também desempenha papel de agente protetor, benfeitor e embelezador da paisagem. Dentre as atividades silviculturais estão incluídos os reflorestamentos, com plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas. O plantio neste caso é homogêneo refere-se a plantios puros, normalmente feitos com espécies exóticas, como pínus, eucalipto e acácia, essa última no caso da BHRC, e no consorciado se utiliza de espécies florestais entremeadas de espécies agrícolas de ciclo curto (*op cit.* 2013).

10-Áreas em recuperação ecológica: são aquelas áreas que foram submetidas após um distúrbio (desmatamentos ou queimadas) de caráter antrópico. Estas áreas merecem sua recuperação em um tempo determinado e devem ser preservadas e resguardadas, bem sejam áreas de savanas parques ou limpas, Matas Ciliares ou Florestas Semidecíduas.

11-Urbanos sustentável (Cidades e Vilas): áreas de desenvolvimento urbano sustentável para cidades e vilarejos mais verdes e resilientes, com médios de transportes limpos, e fontes de energias naturais (eólicas e solares), com disposição eficiente de resíduos sólidos e das águas de esgoto.

12-Terras indígenas: são áreas destinadas pela União ao usufruto exclusivo das comunidades indígenas que as habitam. Em algumas regiões, os recursos naturais das terras indígenas encontram-se bastante conservados, existindo em seu interior zonas de grande importância biológica e que devem ter seu próprio plano de desenvolvimento sustentável.

DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

As integrações das camadas sínteses (Aptidão Agrícola e dos Níveis Hemeróbicos da Paisagem) e o uso do Geoprocessamento ajudaram de maneira considerável na hora de tomar as melhores decisões em relação aos usos propostos da terra, conseguindo melhorar a precisão das áreas mapeadas. Com a interceptação das camadas de aptidões de uso da terra e dos níveis hemeróbicos da paisagem, alcançou-se um melhor acerto das áreas prioritárias a serem integralmente conservadas, como são as Florestas Semidecíduas e as Matas Ciliares, muito importantes para o equilíbrio geoecológico da região.

Nas áreas de uso sustentável em área campestre, é importante fazer uma planificação adequada das culturas a serem implementadas, de acordo com a aptidão agrícola da terra, por serem áreas que não só têm solos com boa aptidão agrícolas (1ABC, Nitossolos Vermelhos), mas também com fortes limitações de usos (4, Neossolos Litólicos, entre outros), tendo também em consideração as coberturas vegetais naturais que estas áreas têm, como as savanas parques, com uma alta fragilidade ecológica, precisando-se de uma planificação e supervisão na hora de implementar qualquer tipo de cultivos neste frágil geossistema.

Em relação aos corpos d'água, é importante fazer mais pesquisas de campo na obtenção de uma melhor definição de usos específicos nos diversos corpos de água e mananciais, já que alguns estão sendo utilizados para produção agrícola (piscicultura), como também para o abastecimento de água em cultivos e dessedentação de animais (pecuária). Como também a criação de zonas de proteção integral dos mananciais, cujas nascentes estão localizadas em áreas de savanas distribuídas por toda a região.

Para as terras indígenas, será necessária a efetivação da Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI). A expansão desse processo de produção, baseado na integração da sociedade com o meio, está alicerçada nos objetivos dessa Política, que são: garantir e promover a proteção, a recuperação, a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais das terras e territórios indígenas (BRASIL. Decreto 7747/2012) é um importante instrumento para o desenvolvimento de uma economia sustentável da região. Ademais, poderá assegurar a integridade do patrimônio indígena, a melhoria da qualidade de vida e as condições plenas de reprodução física e cultural das atuais e futuras gerações, respeitando sua autonomia sociocultural, nos termos da legislação vigente (BUENAFUENTE et al. 2023). Estes Planos devem expressar o protagonismo, a autonomia e autodeterminação dos povos na negociação e no estabelecimento de acordos internos que permitam o fortalecimento da proteção e do controle territorial, bem como ser um subsídio que oriente a execução de políticas públicas voltadas para os povos indígenas (FUNAI, 2013).

Nos usos urbanos e vilas sustentáveis, é importante repensar os modelos de ocupação urbana. Muitas cidades já estão comprometidas com um futuro mais sustentável e com o desenvolvimento verde. Mas ainda precisamos de ações mais impactantes para cumprir a Agenda 2030 e garantir que as cidades sejam espaços inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Nesse sentido, é fundamental entendermos que nossa qualidade de vida está diretamente relacionada com a saúde dos ecossistemas urbanos. As florestas urbanas e periurbanas podem ser fortes aliadas no enfrentamento à crise climática e na restauração dos ecossistemas. Quando bem geridas, as florestas e árvores dentro e ao redor das cidades podem ajudar a mitigar os efeitos das alterações climáticas, como o calor extremo, além de reduzir a poluição, estancar a perda de biodiversidade ao fornecer habitat, alimento e proteção para plantas e animais diversos (FERREIRA et al., 2021, p. 19). Nos planos de arborização das cidades, são compreendidas as normas e regulamentações técnicas que devem ser seguidas no planejamento urbano específico, implantação e manutenção das áreas verdes urbanas, proteção das árvores já existentes, serviços de água limpa e saneamento ambiental, implementação de energias limpas e renováveis, meios de transporte não poluentes e controles de emissões de gases estufas na planta veicular. Para alcançar um desenvolvimento urbano sustentável, é necessário ordenar o uso e a ocupação do solo de forma adequada, em diferentes contextos e escalas territoriais. É necessário respeitar acordos sociais e políticos que tenham sido definidos em ambientes democráticos de governança colaborativa (MDR/ SMDRU, 2022).

8- CONCLUSÕES

Um princípio definidor da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável é “não deixar ninguém para trás”, sendo uma promessa comum de todos os países de trabalhar juntos para realizar os direitos e o bem-estar de todos num planeta saudável e próspero. Contudo, a meio caminho de 2030, essa promessa está em perigo. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável estão desaparecendo no espelho retrovisor, assim como a esperança e os direitos das gerações atuais e futuras. Precisamos de uma mudança radical - em termos de compromisso, solidariedade, financiamento e ação – para permitir que o mundo siga um caminho melhor, e precisamos disso agora (ONU, 2023).

Com base nesta premissa, o objetivo principal desta pesquisa foi gerar uma análise com abordagem geossistêmica, que servisse como base de um possível Planejamento Territorial que, por sua vez, espera-se, que contribua mitigar as degradações dos recursos naturais, produto das mudanças de uso da terra na BHRC, dando resposta à hipótese formulada no começo desta pesquisa, onde a degradação dos recursos naturais é determinada pelas mudanças do uso da terra e das atividades econômicas, em contradição com suas fragilidades e potencialidades geoecológicas. A resposta a tal questão, no caso da bacia, foi afirmativa pelos resultados dos estudos trabalhados nesta pesquisa.

É importante destacar que foram cobertos satisfatoriamente os objetivos secundários propostos nesta tese, tais como: (1) avaliar as mudanças espaço-temporais da cobertura da terra (no período de 1988 até 2023), (2) definir as unidades geocomplexas da paisagem, com o uso do modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem), (3) diagnosticar os impactos socioambientais, aplicando o índice hemeróbico de naturalidade da paisagem e finalmente (4) com a construção do modelo cartográfico de Organização Espacial, como proposta para um Planejamento Territorial da paisagem na BHRC.

Cada um destes objetivos foi trabalhado minuciosamente para dar resposta de alguma maneira aos objetivos propostos no início da pesquisa, com seus respectivos procedimentos teóricos-metodológicos, como parte de uma metodologia geral que é o modelo GTP, gerando ótimos resultados nas análises espaço-temporais e das estruturas geossistêmicas que formam a paisagem da bacia, com seu correspondente diagnóstico socioambiental, tudo isso com o uso das geotecnologias, com suas respectivas verificações e validações no campo, gerando ótimos resultados em cada um das coberturas ou elementos da paisagem apresentadas.

É importante ressaltar que as opções ou propostas de usos da terra apresentadas são um esforço técnico-científico, de orientação acadêmica, sem interesses políticos ou

administrativos, gerando uma proposta de organização territorial de acordo com a realidade geoecológica atual da bacia, numa escala de levantamento semi-detalhadas, para todas as camadas trabalhadas, esperando que este trabalho seja uma contribuição original para a conservação, preservação e uso sustentável dos recursos naturais da BHRC. Portanto, é necessário fazer estudos mais detalhados e específicos, por exemplo, no nível de sub-bacias, numa escala de levantamentos cartográficos de maior detalhe, com o uso de imagens de alta resolução espacial.

Finalmente, este trabalho contribui também, de alguma maneira, sem as medidas serem feitas no curto ou médio prazo, com os objetivos da Agenda 2030 da ONU, especialmente aos objetivos “6” (água limpa e saneamento), objetivo “11” (cidades e comunidades sustentáveis), objetivo “13” (ação pelo clima) e o objetivo “15” (vida de ecossistemas terrestres), que de certa forma repercute direta ou indiretamente nos outros objetivos desta agenda, contribuindo também com o desenvolvimento sustentável não só de Roraima, mas também do Brasil e o mundo.

9-REFERENCIAS

BALDWIN, J. H. **Environmental Planning and Management**. Boulder: Westview Press. 1981, 354 p.

BARBOSA, R. P. **Avaliação de Risco e Impacto Ambiental**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014, 231 p.

BEANINGER, R.; DEMETRIO, N.; DOMENICOINI, J. Migrações dirigidas: estado e migrações venezuelanas no Brasil. **Revista Latinoamericana de Población**, Cuernavaca-México, v.16, n. 202113, p. 1-29, set. 2022.

BRASIL. Decreto lei nº4.771, de 15 de setembro de 1965. Congresso Nacional aprova o novo Código Florestal, Brasília/DF. Disponível em: < <https://www.adagri.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/51/2012/05/Lei-4.771-de-15.09.1965.pdf> >. Acesso: 25 nov. 2024.

BRASIL. Decreto-lei nº 7747, de 5 de junho de 2012. A Presidência da República decreta a Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas – PNGATI, Brasília/DF. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7747.htm >. Acesso 15 jan. 2025.

BUARQUE, S. C. Metodologia de elaboração de planos diretores para áreas programadas da Amazônia. Belém: Mimeo, 1994. Não paginado.

BUENAFUENTE, S. M. F.; GALDINO, L. K. A.; BARBOSA, R. Lavrado de Roraima: caracterização ecogeográfica e potencialidades socioeconômicas para os povos indígenas. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 17, n. 44, p. 78-97, 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher Editores, 1999. 233 p.

CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266 p.

DI MAURO, C. A.; MAGESTES, J. G.; LEMES, E. M. As bacias hidrográficas como critério para o planejamento territorial. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 472–482, dez. 2017. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia> >. Acesso em 22 de ago. 2024

EMBRAPA. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projeto recupera matas ciliares de igarapés em Roraima**. 2010. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18129199/projeto-recupera-matas-ciliares-de-igarapes-em-roraima> >. Acesso 8 de mar. 2024.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mata Ciliar**. 2024. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/cece/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-ciliar> >. Acesso: 14 de maio 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment**, Roma: FAO, 2020. 190 p.

FERREIRA, M. L.; ZOBOTTO, A. R.; PERIOTTO, F. **Verde Urbano**. São Paulo: Engenheiro Coelho/Unaspress, 2021. 217 p.

FUNAI - FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO - Coordenação Geral de Gestão Ambiental (Org.). **Plano de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas**: Orientações para Elaboração. Brasília: FUNAI, 2013. 20 p.

GOMEZ, R.; VITTE A. C. Geossistema e Complexidade: Sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. **Revista Ra'e Ga**. Curitiba, v.42, p. 149-164. Dez. 2017.

GOOGLE EARTH PRO. Serviço de Imagens satelitais. Versão 7.3.6. [S.I]: Google Inc, 2024. Disponível em: < https://www.google.com.br/intl/pt-BR_ALL/earth/about/versions/ >. Acesso em: 15 jun. 2024.

IBGE. -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**, 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2012. 271 p.

IBGE. -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual Técnico de Usos da Terra**, 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 171 p.

RODRIGUEZ, M. J. M.; SILVA, E. V.; LEAL, C.A. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde uma visão da geoecologia das paisagens. In: FIGUERO, A. S.; FOLETO, E. (Org.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: Editora UFSM, 2011, p 111-125.

RODRIGUEZ, M. J. M.; SILVA, E. V; LEAL, C. A. Paisaje y geosistema: apuntes para una discusión teórica. **Revista Geonorte**, UFAM, Manaus, v.1, n.4, set. 2012, p. 78 – 90.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídio para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 208 p.

SANTOS, W. A.A.; ARAÚJO, P. C. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento geoambiental: subsídio à implantação de empreendimentos de geração de energia eólica. **REGNE**, Rio Grande do Norte, v. 2, n. 2, p. 48-60, 2016.

Ministério do Desenvolvimento Regional/ Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano (MRD/SMDRU). **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. Brasília/DF: MRD, 2022, 553 p.

ONU. **Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: Nova York: Edição Especial ONU, 2023. 80 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA. Biblioteca Central. Normas para Apresentação dos Trabalhos Técnico Científicos da UFRR. 3. ed. Boa Vista: UFRR, 2017, 103 p.

VERA, J. J. M.; TAVARES JÚNIOR, S. S. El abordaje geosistémico en el análisis integral del paisaje y la planificación territorial. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, v. 64, n. 2, p 1-16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53766/RGV>.

VERA, J. J. M.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; BESERRA NETA, L. C. Dinámica espacial y temporal de los cambios de coberturas de la tierra en la Cuenca Hidrográfica del Rio Cauamé (1988-2023), Estado de Roraima, Brasil. **MERCATOR**. Fortaleza, v. 22, e22028, p 1-17, 2023.

ZEE-RR. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Roraima 2023. Disponível em: <<https://zee-rr.institutopiatam.org.br/>>. Acesso em: 5 dez. 2023.