

AMAZÔNIA

A REGIÃO DE CARAJÁS

MAURÍLIO DE ABREU MONTEIRO
Organizador

AMAZÔNIA

A REGIÃO DE CARAJÁS



Universidade Federal do Pará – UFPA

Reitor: Emmanuel Zagury Tourinho

Vice-Reitor: Gilmar Pereira da Silva

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação: Maria Iracilda da Cunha Sampaio

Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA

Diretor Geral: Armin Mathis

Diretora Adjunta: Mirleide Chaar Bahia

Editora NAEA

Editor-Chefe: Silvío José de Lima Figueiredo

Divisão de Editoração: Aurilene Ferreira Martins e Albano Rita Gomes

Conselho Científico

Presidente - Prof. Dr. Armin Mathis – Universidade Federal do Pará

Vice-Presidente - Profa. Dra. Mirleide Bahia – Universidade Federal do Pará

Profa. Dra. Ana Paula Vidal Bastos – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Alberto Mejías Rodríguez – Universidad de La Habana, Cuba

Prof. Dr. Germán Alfonso Palacio Castañeda – Universidad Nacional de Colombia,

Letícia Profa. Dra. Maria Manuel Rocha Teixeira Baptista – Universidade de Aveiro,

Portugal Prof. Dr. Miguel Piñedo-Vasquez – Columbia University – New York, EUA

Prof. Dr. Ronaldo de Lima Araújo – Universidade Federal do Pará

Coordenação de Comunicação e Difusão Científica

Armin Mathis

MAURÍLIO DE ABREU MONTEIRO
Organizador

AMAZÔNIA

A REGIÃO DE CARAJÁS



BELÉM
2023

Diagramação

Triunfal Gráfica e Editora

Foto de capa

Agropecuária Santa Barbara (Xinguara, Pará), antiga área dos castanheais Espírito Santo e Carajás.
Autor: Bloomberg (Getty Images)

Criação da capa

Lucas França Rolim

Revisão de texto

Conforme as regras do novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.
Andrew Caetano (Editora Cubo)

Padronização e normatização

Lucas França Rolim
Idelvandro José de Miranda Fonseca

Editoração final

Aurilene Ferreira Martins
Editora NAEA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do NAEA/UFPA-Belém-PA

A489 Amazônia: a região de Carajás [recurso eletrônico] / Maurílio de Abreu Monteiro, organizador. — Belém: NAEA, 2023.
756 p.: il. 18,2 x 25,7 cm.

Inclui bibliografias
ISBN 978-85-7143-217-8

1. Carajás, região de (PA) - Desenvolvimento. 2. Desenvolvimento sustentável - Carajás, região de (PA). 3. Minas e recursos minerais - Carajás, região de (PA). 4. Planejamento regional - Amazônia. 5. Amazônia - Condições econômicas. I. Monteiro, Maurílio de Abreu, org.

CDD 23. ed. – 330.98115

Elaborado por Maria do Socorro Barbosa Albuquerque – CRB-2/871

Disponível em:

<https://doi.org/10.4322/978-85-7143-217-8>

© Direitos Reservados aos autores

Editora NAEA

Av. Perimetral, nº 1 - Campus Universitário do Guamá
Belém - PA - CEP 66.075-750 – (91) 3201-7231
naeaeditora@gmail.com, editora_naea@ufpa.br

SUMÁRIO

Prefácio	1
<i>Carlos Antônio Brandão</i>	
Parte 1 Região, aspectos teóricos e metodológicos	7
1 A importância heurística da região, uma nota	9
<i>Marcos Alexandre Pimentel da Silva</i>	
2 Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás	17
<i>Maurílio de Abreu Monteiro e Regiane Paracampas da Silva</i>	
3 Modernização caricata e acumulação capitalista na Amazônia: o caso da região de Carajás	35
<i>Maurílio de Abreu Monteiro, Mirleide Chaar Babia e Edna Maria Ramos de Castro</i>	
4 Ajuste espacial e temporal na Amazônia: reflexões sobre fronteira do capital e des-re-configurações territoriais	53
<i>Fernando Michelotti, Humberto Miranda do Nascimento e Evaldo Gomes Júnior</i>	
5 Um diálogo possível? Aproximações e ressignificações do inventário furtadiano na interpretação da região de Carajás	77
<i>Rafael Gonçalves Gumiero</i>	
6 Natureza, infraestrutura, mineração e urbanização: cartografando interseções históricas na região de Carajás	93
<i>Patrícia Capanema Álvares Fernandes</i>	
Parte 2 Tópicos da história regional	115
7 A Amazônia em páginas impressas: a Série Realidade Brasileira da <i>Folha de S. Paulo</i>	117
<i>Eduardo de Melo Salgueiro</i>	
8 Alteridades e outridades na região de Carajás	139
<i>Idelma Santiago da Silva, Flávia Marinho Lisboa e Laécio Rocha de Sena</i>	
9 Privatização de terras na Amazônia: o caso do Polígono dos Castanhais	159
<i>Maurílio de Abreu Monteiro, Amarildo José Mazutti e Regiane Paracampas da Silva</i>	
10 O passado autoritário e seus rastros: 50 anos da Guerrilha do Araguaia (1972-2022)	183
<i>Janaílson Macêdo Luiz</i>	
11 Ouro, empresas e garimpeiros na Amazônia: o caso emblemático de Serra Pelada	207
<i>Maurílio de Abreu Monteiro, Maria Célia Nunes Coelho, Raimundo Garcia Cota e Estêvão José da Silva Barbosa</i>	
12 Estado de Carajás: vontades de verdade em (dis)curso	231
<i>Flávia Marinho Lisboa</i>	

13 Do pentecostalismo à terra de realização <i>Fernando Arthur de Freitas Neves</i>	257
Parte 3 Economia e região	279
14 Crescimento econômico e competitividade espúria na Amazônia: o caso da região de Carajás <i>Maurílio de Abreu Monteiro</i>	281
15 Mercantilização de recursos naturais, desigualdade e pobreza na Amazônia: a região de Carajás <i>Maurílio de Abreu Monteiro</i>	309
16 Relações mercantis e hierarquias na região de Carajás: um perfil econômico a partir de registros fiscais do estado do Pará <i>Lucas Rodrigues</i>	341
17 O FNO na região amazônica de Carajás: aprofundando o caráter primário e deletério da economia regional <i>Rafael Gonçalves Gumiero</i>	361
18 A escala nacional importa? O novo padrão de acumulação no Brasil e a centralidade da região de Carajás <i>Giliad de Souza Silva</i>	381
Parte 4 Conformação da rede urbana	415
19 A inserção das cidades na configuração da fronteira amazônica: um estudo de morfologia urbana na região de Carajás, 2010 – 2020 <i>José Júlio Ferreira Lima e Lucas França Rolim</i>	417
20 Núcleos urbanos informais em Carajás: o caso das Regiões Imediatas de Marabá e Parauapebas <i>Sergio Moreno Redón, Gabriel Moraes de Outeiro, Ana Carolina Campos de Melo e Rafael Gonçalves Gumiero</i>	441
21 Saneamento básico e pobreza na Amazônia: um diagnóstico para a região de Carajás <i>Daniel Nogueira Silva, Emílio Campos Mendes e Ritbielly Lira Sousa</i>	467
22 Panorama midiático da região de Carajás <i>Elaine Javorski Souza</i>	485
Parte 5 Ensino e escola	503
23 Letramento precário: uma faceta da configuração da região de Carajás <i>Vanja Elizabete Sousa Costa, Maurílio de Abreu Monteiro e Gabriel Costa Oliveira</i>	505
24 A escola como objeto de pesquisa histórica na e sobre a região de Carajás: notas iniciais <i>Erinaldo Vicente Cavalcanti</i>	523

25 Para superar abismos no ensino: um outro modo de organizar e construir conhecimento <i>Rosemeri Scalabrin</i>	545
Parte 6 Elementos do agrário regional	569
26 Trajetórias produtivas no agrário amazônico: o caso da região de Carajás <i>Maurílio de Abreu Monteiro</i>	571
27 Cenário e perspectivas para a produção animal na região de Carajás <i>Anaiane Pereira Souza, Caroline Nebo, Fernanda Franco Alves e Ester da Silva Criança</i>	613
28 Caracterização produtiva da atividade leiteira em estabelecimentos na região de Carajás <i>Jefferson Rodrigues Gandra, Fabíola Miranda da Silva, Lucas Magevski Soares, Paulo Vinícius da Costa Mendes, Erika Rosendo de Sena Gandra e Milena Raiane Alves da Silva</i>	637
29 O ônus ambiental do paradigma agropecuário em Carajás e a construção de alternativas <i>Diego de Macedo Rodrigues e Maurílio de Abreu Monteiro</i>	655
Parte 7 Domínios da natureza	675
30 Componentes naturais da paisagem na região de Carajás <i>Estêvão José da Silva Barbosa, Maria Rita Vidal, Abraão Levi dos Santos Mascarenhas e Larissa Nascimento Fanjas da Silva</i>	677
31 Geoeologia: aportes para uma aproximação taxonômica das unidades de paisagens para a região de Carajás <i>Maria Rita Vidal, Abraão Levi dos Santos Mascarenhas, Edson Vicente da Silva e Estêvão José da Silva Barbosa</i>	707
32 A matriz hidrográfica da região de Carajás: um estudo sobre unidades fluviais e pressões espacialmente explícitas na paisagem <i>Keid Nolan Silva Sousa</i>	729
Sobre as autoras e os autores	751

A MATRIZ HIDROGRÁFICA DA REGIÃO DE CARAJÁS: UM ESTUDO SOBRE UNIDADES FLUVIAIS E PRESSÕES ESPACIALMENTE EXPLÍCITAS NA PAISAGEM¹

Keid Nolan Silva Sousa  

INTRODUÇÃO

Segundo Ahern (1999), o planejamento da paisagem pode ser definido como a prática de planejamento para o uso sustentável dos recursos físicos, biológicos e culturais. O planejamento sustentável da paisagem tem sido fortemente apoiado pelos principais acordos de política internacional e pode ser geralmente definido como “uma condição de estabilidade nos sistemas físicos e sociais alcançada ao acomodar as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas necessidades”.

A busca por indicadores que permitam delinear cenários, sobretudo cenários territoriais, tem sido frequentemente empregada pela União Europeia para delinear cenários de planejamento e tomadas de decisão. Segundo a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2018), enfrentar os futuros desafios da água levanta não só a questão de “o que fazer?”, mas também as de “quem faz o quê?”, “o porquê?”, “a que nível de governo?” e “como?”. Não há uma solução única que sirva de forma universal para todos os tipos de desafios, mas sim uma grande diversidade de situações em cada país e entre os diversos países. Reconhece-se que a governança é altamente contextual, que as políticas públicas têm de ser adaptadas a recursos hídricos e a territórios distintos, e que os modelos de governança têm que se adaptar à evolução das circunstâncias. Na escala global, essa preocupação vem sendo apontada como parte dos desafios estratégicos para o desenvolvimento sustentável da população humana.

Uma das metas para melhorar a governança da água no mundo é aumentar o número de planos de gestão de bacias hidrográficas. A exemplo disso, no Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) já estabeleceu dentro de suas competências as unidades de planejamento hídrico como subdivisões das bacias hidrográficas, que são definidas por uma homogeneidade de fatores geomorfológicos, hidrográficos e hidrológicos, e delimitadas por bacias ou sub-bacias hidrográficas de rios afluentes ou segmentos das bacias dos rios principais, com

¹ Publicado originalmente em *Novos Cadernos NAEA*, 25 (4), dez. 2022.

continuidade espacial. São unidades espacialmente delimitadas para subsidiar a definição da área de abrangência mínima de um plano, levando em consideração as necessidades de integração da política nacional com as políticas estaduais e municipais.

Apesar desse quadro de premissas e regulações institucionalizadas, na prática, aspectos basais como a delimitação de unidades espaciais de planejamento para implementação de instrumentos de monitoramento não convergem. Isto se dá devido a vários fatores, incluindo conflitos de interesse e de objetivos entre as diferentes escalas de regulação. De todo modo, o Estado brasileiro se configura por meio de grandes e diferentes desafios para gestão regional, principalmente focados nas vocações econômicas e naturais, nas formas de ocupação dos territórios e paisagens, bem como na complexidade e magnitude dos estressores dos sistemas aquáticos.

Segurado et al. (2021), avaliando os efeitos de múltiplos estressores sobre sistemas aquáticos, destacam que os habitats de água doce abrigam uma biodiversidade desproporcionalmente alta, dada a área total coberta em todo o mundo, hospedando 10% de todas as espécies e ocupando menos de 1% da superfície da Terra. Apesar da crescente conscientização quanto à governança em muitas partes do mundo, os ecossistemas de água doce estão longe de serem recuperados e estão mais propensos a serem expostos a novos estressores, dada a escalada de ameaças emergentes. Os autores terminam sua revisão discutindo recomendações de gestão e de governança para mitigar o problema de poluição difusa de terras agrícolas e pastagens, como a necessidade de reforçar o foco em variáveis bióticas e subterrâneas.

Walmsley (2002), empregando o modelo *Driving Force – Pressure – State – Impact – State – Response* (DPISR), propõe que uma gestão integrada de bacias representa uma abordagem para gerenciar estes recursos hídricos, integrando questões ambientais, econômicas e sociais. O quadro indicador da pressão-estado-impacto-resposta (DPSIR) foi utilizado para identificar e aprimorar os indicadores de desenvolvimento sustentável para os gestores, apoiando a obtenção de benefícios sustentáveis para as gerações futuras, protegendo os recursos naturais, particularmente a água, e minimizando as possíveis consequências sociais, econômicas e ambientais adversas.

Essa busca também se reflete na Amazônia legal, onde a sustentabilidade e a conservação da sua riqueza natural são confrontadas com os múltiplos usos e interesses pelos recursos naturais, gerando conflitos nas mais diferentes escalas de complexidade. Neste quadro, a água e os recursos aquáticos certamente estão entre os mais estratégicos para o desenvolvimento nacional e regional. No foco dessa discussão, o sistema fluvial amazônico na sua escala continental é o retrato deste cenário de complexidades territoriais espacialmente explícitas. Este sistema é constituído pelo principal corredor fluvial do rio Amazonas e suas bacias de tributários, conectadas como os rios Negro, Purus, Madeira, Xingu, Tapajós e Tocantins. São paisagens fluviais formadas por mosaicos de paisagem em diferentes estágios de evolução e dinâmica que merecem uma atenção gerencial específica, preferencialmente baseada em planejamentos regionais mais adequados às suas respectivas vocações territoriais, sobretudo nas regiões de fronteira ecossistêmica nas bordas do bioma Amazônia.

É o caso da borda oriental do bioma Amazônia, limitado pelo corredor fluvial Araguaia, que não faz integralmente parte da bacia Amazônia, mas é a última fronteira ecossistêmica deste bioma. Esta fronteira abrange a região de Carajás e guarda características estratégicas para o

desenvolvimento regional, com destaque para a configuração das bacias hidrográficas e para os elementos fluviais que compõem a região. Barbosa et al. (2023) ressaltam que a região de Carajás abrange, na totalidade, 32 municípios, uma extensão de 239 mil km² que corresponde a cerca de 19% dos 1,2 milhão de km² do estado do Pará, e 5% dos 5 milhões de km² aproximados da Amazônia Legal. A extensão, por si só, já é um dado considerável da geografia regional de Carajás, mas não faz sentido para a análise geográfica se não for contextualizada a partir da diversidade dos processos, bem como das formas naturais e sociais que fazem dessa região um espaço peculiar.

Para Monteiro e Silva (2023), a configuração do território de Carajás foi um processo fruto de ajustes espaçotemporais que requereu a constituição de infraestruturas espaciais, sociais e físicas seguras e de longo prazo, articuladas a uma série de fatores: uma economia de base primária vinculada, sobretudo, à pecuária bovina e à mineração; o estabelecimento de uma rede urbana integrada, econômica, social, política e culturalmente capaz de ordenar o espaço social; a generalização regional de práticas sociais; a criação de uma economia espacialmente hierarquizada apta a mobilizar, extrair e concentrar parte do produto excedente gerado; a constituição de elites econômica, política e culturalmente identificadas à região; o estabelecimento de grupos que constituem resistência à homogeneização e à hegemonia. As respostas territoriais certamente têm efeito sobre a configuração hidrográfica regional, sobretudo pela importância socioambiental, como fontes de serviços ecossistêmicos e como áreas estratégicas para segurança hídrica regional.

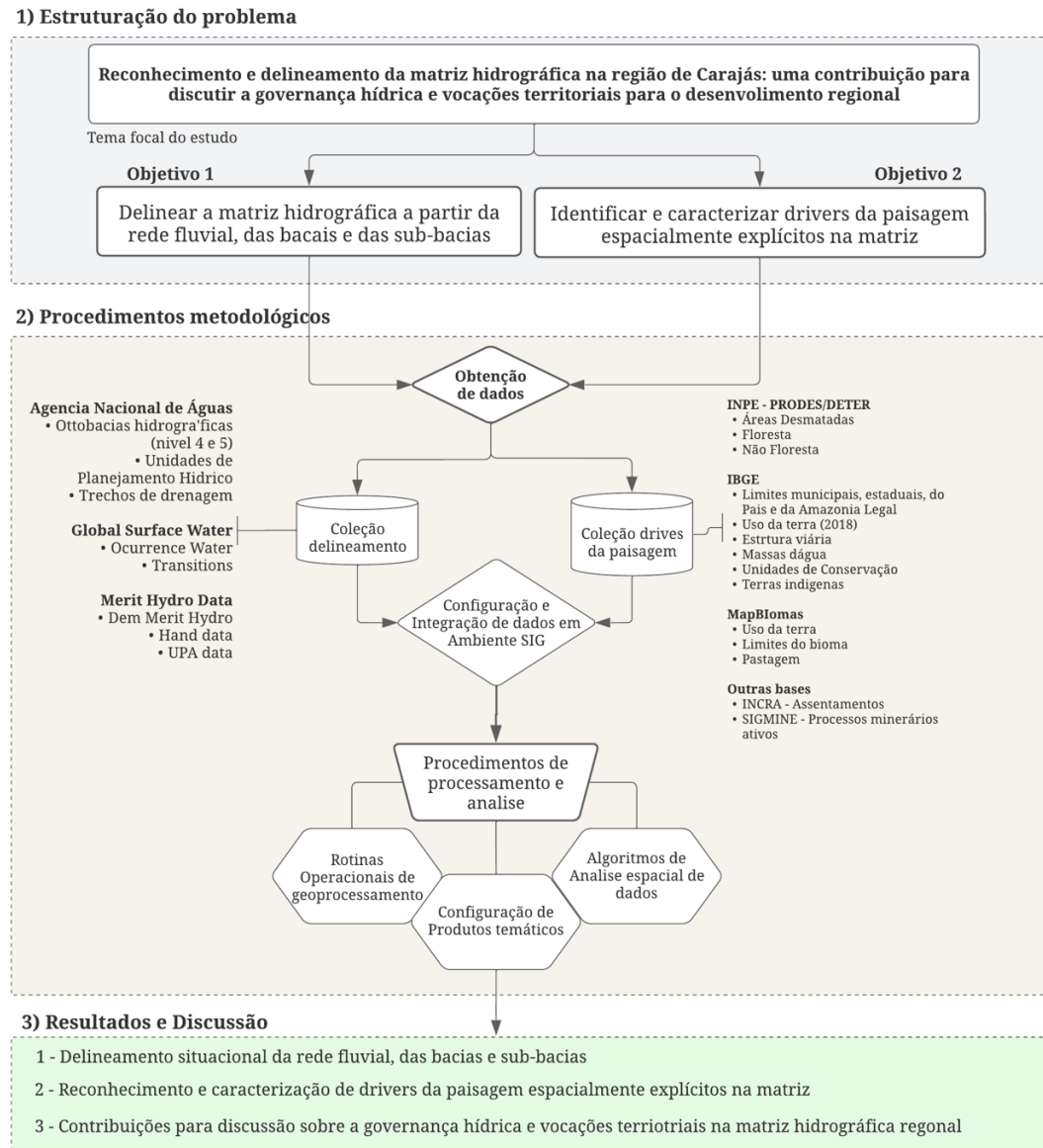
Nesse contexto, o reconhecimento da matriz hidrográfica é um instrumento de suporte para proposição de estratégias de governança, planejamento e desenvolvimento regional. É também chave para a composição dos modelos de indicadores para a gestão territorial, preconizando um dos grandes desafios para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais fornecidos por rios, lagos e cursos d'água de superfície. Assim, o presente estudo propõe uma análise da matriz hidrográfica da região de Carajás a partir do reconhecimento de unidades fluviais, *drives* e pressões espacialmente explícitas referendados pelo modelo de indicadores DPSIR.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo conceitual adotado neste estudo se organizou em três fases subsequentes, iniciando pela estruturação e definição do problema (tema foco da pesquisa), seguida pelo delineamento dos procedimentos metodológicos e, por fim, expondo a apresentação dos resultados e discussão (Figura 1).

Os procedimentos metodológicos foram organizados em três etapas principais: 1) obtenção de dados; 2) configuração e integração de dados no ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG); e 3) procedimentos de processamento e análise. O processo para obtenção dos dados se resumiu em duas coleções principais, denominadas de coleção de delineamento e coleção de *drives* da paisagem. A coleção de delineamento obteve bases de dados suficientes para proceder com o delineamento da matriz hidrográfica de Carajás, área focal do presente estudo. Foram utilizadas como referências as seguintes coleções abertas de dados: 1) Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA, 2015); 2) *Global Surface Waters* - EC JRC/Google (EC JRC/Google, 2021); e 3) *Global Hydrography datasets* - MERIT DEM (Yamazaki et al., 2019).

Figura 1 – Modelo conceitual da pesquisa considerando estruturação do problema, procedimentos metodológicos, resultados e discussão.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O ambiente computacional para realização deste estudo foi executado em forma de SIG, configurado no *software* QGIS Versão 3.24.1 Tysler. O SIG adotou como sistema de referências cartográficas (SRC) o Sistema de Referência Geodésico para as Américas (Sirgas 2000), com coordenadas geográficas. Os procedimentos de processamento e análise de dados foram organizados por meio de rotinas operacionais básicas de geoprocessamento, da execução de algoritmos de análise espacial e configuração de produtos temáticos (mapas com representação espacial dos recortes de interesse e seus respectivos atributos de análise). Essa sequência culminou nas seguintes etapas de execução metodológica: 1) reconhecimento e proposição de unidades fluviais, e 2) delimitação situacional da rede fluvial, bacias e sub-bacias.

A matriz hidrográfica foi definida considerando a seguinte composição geomorfológica: a) corredores fluviais principais – correspondem a corpos d’água de maior volume de água, encaixados com morfologia fluvial definida nas cotas de elevação do terreno (metros); e b) canais de drenagem – cursos d’água situados em áreas de drenagem da bacia, correspondente aos trechos de drenagem disponíveis nas seguintes coleções:

- a. Divisão hidrográfica, corpos hídricos superficiais e dominialidades (ANA, 2015) - A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos é obtida a partir do mapeamento sistemático brasileiro. A BHO é gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrologicamente consistentes. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada ottobacia, à qual é atribuída a codificação de bacias de Otto Pfafstetter, e uma classificação de 1ª a 8ª ordem de Sthraler.
- b. O MERIT DEM - *Multi-Error-Removed Improved-Terrain* (Yamazaki et al., 2019). O MERIT DEM foi desenvolvido removendo vários componentes de erro (viés absoluto, ruído de faixa, ruído de “*speckle*” e viés de altura de árvore) dos DEMs espaciais existentes (SRTM3 v2.1 e AW3D-30 m v1). Ele representa as elevações do terreno em uma resolução de 3 segundos (~90 m no equador), e cobre áreas de terra entre 90N-60S, referenciado ao geóide EGM96. A resolução espacial do MERIT DEM é de 3 segundos de arco (~90 m no equador) e cobre todo o globo, exceto a Antártida (entre 90°N e 60°S) (Yamazaki et al., 2019).
- c. *Global Surface Waters* (GSW) (EC JRC/Google, 2021) - A ocorrência hídrica mostra onde ocorreram as águas superficiais entre 1984 e 2020, fornecendo informações sobre a dinâmica global da água. Este produto capta tanto os valores intra-anuais quanto interanuais, bem como a variabilidade e as mudanças hídricas, seguindo os procedimentos adotados por Pekel et al. (2016).

Assim, o delineamento das unidades fluviais foi obtido a partir da combinação das divisões de bacias e sub-bacias adotadas pela ANA, levando em conta o modelo de ottobacias nível 4 e 5 do IBGE, a ocorrência de águas superficiais (GSW) e o modelo de elevação ajustado para cobertura hidrológica (MERIT-Hydro).

RECONHECIMENTO E COMPOSIÇÃO DO MOSAICO DA PAISAGEM

Qualificação de *drives* espacialmente explícitos na paisagem

Os *drives* utilizados neste estudo foram denominados de *drives* espacialmente explícitos, referindo-se às entidades (classes) com representação espacial, geralmente em formato poligonal. Neste caso foram adotadas as seguintes coleções de dados:

- a. Polígonos de assentamentos da reforma agrária no estado Pará, definidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) como um conjunto de unidades agrícolas instaladas por esse instituto em um imóvel rural (Incra, 2022).

- b. Conjunto de informações referentes à classificação dos tipos de cobertura e uso da terra, voltados para a representação e análise da dinâmica do território em termos dos processos de ocupação, da utilização da terra e de suas transformações (IBGE, 2018).
- c. Supressão da vegetação nativa para a Amazônia Legal (Raster) - Área total desmatada, comumente chamada de máscara de desmatamento. O mapeamento utiliza imagens do satélite *Landsat* ou similares para registrar e quantificar as áreas desmatadas maiores que 6,25 hectares. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes) considera como desmatamento a supressão da vegetação nativa, independentemente da futura utilização destas áreas (Inpe, 2021).
- d. Coleções de uso e cobertura da terra do *Mapbiomas User Toolkit*, disponíveis para serem acessadas como *asset* diretamente pelo *Google Earth Engine* nos respectivos IDs de acesso no mesmo (Google, s.d).

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados espaciais representados neste estudo convergiram para a interpretação da ocorrência de variáveis e atributos espacialmente explícitos dentro do recorte regional das áreas de interesse, culminando na produção de um atlas com mapas temáticos específicos da análise. Neste caso, o estudo se baseou na qualificação e descrição geral da geoinformação, considerando métodos descritivos e análises exploratórias dos dados conforme Dale e Fortin (2007). Os produtos foram configurados em um *layout* padronizado, contemplando:

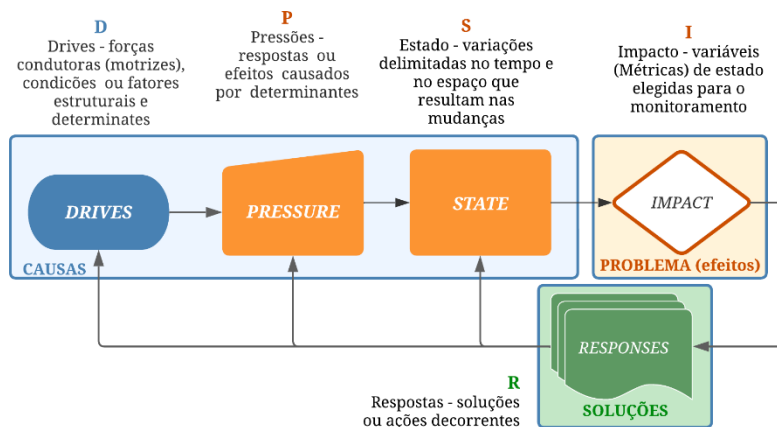
1. O mapa geral do recorte da matriz hidrográfica; e
1. Os mapas de recortes das unidades fluviais e composição da paisagem.

A qualificação dos *drivers* e componentes da paisagem foi desenvolvida assumindo as premissas do modelo DPSIR (Figura 2) para definir *drivers* e pressões espacialmente explícitas na paisagem, como demonstrado no Quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem do presente estudo assume a hipótese de que a matriz hidrográfica da região de Carajás é constituída por *drivers* naturais (componentes da hidrografia detectados no nível de bacias e sub-bacias) e de componentes da paisagem que incluem classes de uso e da infraestrutura do território (unidades de conservação, assentamentos, pastagens, áreas de supressão da floresta, desmatamentos, Terras Indígenas). Essa proposição converge com as discussões mais recentes sobre a importância e a necessidade de investigar *drivers* e estressores em ecossistemas de água doce para produzir indicadores contemporâneos de suporte à governança e ao planejamento estratégico regional.

Figura 2 – Modelo de referência DPSIR adotado para análise da matriz hidrográfica da região de Carajás.



Fonte: Apostolaki et al. (2019); Walmsley (2002). Elaborada pelo autor.

Para Stendera et al. (2012), as principais hipóteses que os ecologistas estão testando em ecossistemas de água doce são originárias do século XX, definidas com foco em *drives* e estressores (pressões) pouco investigados em diferentes escalas. Em geral, os *drives* e estressores globais mais contemporâneos são negligenciados ou não são testados em vários ecossistemas de água doce. Segurado et al. (2021) afirmam que os habitats de água doce abrigam uma biodiversidade desproporcionalmente alta, dada a área total que cobrem em todo o mundo, hospedando 10% de todas as espécies e ocupando menos de 1% da superfície da Terra. Esses habitats têm sido há muito afetados por uma gama de estressores ambientais que perturbam a biodiversidade de água doce e o funcionamento do ecossistema, ameaçando assim a prestação de serviços ecossistêmicos vitais para o bem-estar humano, incluindo o abastecimento de água e a segurança alimentar.

Quadro 1 – Adequação dos componentes do modelo DPSIR para a análise da matriz hidrográfica da região de Carajás.

Fator	Termo do modelo	Definição adotada para as variáveis espacialmente explícitas (ou não)	Classificação adotada no estudo
Causa	<i>Drivers</i> (força causal ou motriz)	Forças condutoras (motrizes), condições ou fatores estruturais determinantes.	Rede hidrográfica Modelo digital de elevação do Terreno
	<i>Pressure</i> (pressão)	Variáveis das respostas ou efeitos condicionados por fatores determinantes	- Componentes espacialmente explícitos da paisagem
	<i>State</i> (estado)	Variações delimitadas no espaço e no tempo	- Não abordado no estudo
Problema	<i>Impact</i> (impactos)	Variáveis de estado – problemas	- Não abordado no estudo
Solução	<i>Response</i> (respostas)	Soluções / ações	- Não abordado no estudo

Fonte: Walmsley (2002). Elaborado pelo autor.

Neste contexto, o presente estudo é um ensaio feito na tentativa de aplicar um filtro paisagístico, vislumbrando a definição de *drives* e pressões (estressores) e tendo como marco referencial a estrutura do modelo DPISR originalmente desenvolvido pela *European Environment Agency* (EEA, 1999) para produzir relatórios com a descrição de problemas ambientais,

investigando as relações entre diversos setores da atividade humana e o meio ambiente como cadeias causais de problemas e soluções. Tal quadro pressupõe que a estruturação de um conjunto integrado de indicadores simplifica a compreensão das interligações complexas entre a ação humana multissetorial e as coevoluções de estados ecológicos, econômicos e sociais (Apostolaki et al., 2019; Giupponi, 2002; Silva et al., 2015; Walmsley, 2002).

O quadro DPSIR identifica as relações de causa e efeito, permitindo a separação das categorias de problemas, proporcionando flexibilidade tanto para o uso quanto para a análise, e fornecendo um meio onde o monitoramento de sistemas hídricos pode ser sistematicamente melhorado (Walmsley, 2002). Conforme Feás et al. (2004) e Giupponi (2007), as forças motrizes no modelo DPSIR são as causas subjacentes que levam às pressões ambientais. Essas forças motrizes desencadeiam pressões sobre o meio ambiente, como a exploração de recursos (terra, água, minerais, combustíveis, etc.) e a emissão de poluição. As pressões (estressores), por sua vez, afetam o estado do meio ambiente. Isso se refere à qualidade dos diversos vetores ambientais (ar, solo, água, etc.) e suas consequentes capacidades de suportar as demandas que lhes são impostas (por exemplo, apoio à vida humana e não humana, fornecimento de recursos, etc.). As mudanças no Estado podem ter impactos na saúde humana, nos ecossistemas, na biodiversidade, no valor da amenidade, no valor financeiro e etc. O impacto pode ser expresso em termos do nível de dano ambiental. As respostas demonstram os esforços da sociedade (por exemplo, de governança, políticos, tomadores de decisão) para resolver os problemas identificados pelos impactos avaliados, como medidas de governança, políticas e ações de planejamento (Apostolaki et al., 2019; Feás et al., 2004; Giupponi, 2002; Silva et al., 2015; Walmsley, 2002).

Apostolaki et al. (2019) discutem uma nova abordagem holística para a gestão de bacias hidrográficas na Europa, adotando conceitos bem estabelecidos e testados baseados em indicadores, combinando o quadro DPSIR (como instrumento central para atender aos requisitos da diretiva do quadro de água e aos conceitos incorporados na gestão integrada de recursos hídricos) com a abordagem de serviços ecossistêmicos e a avaliação de cenários. Nas duas bacias hidrográficas abrangidas pelo estudo, a Ebro na Espanha e a Evrotas na Grécia, a implementação deste novo quadro ressaltou a necessidade de opções revisadas voltadas para a eliminação da poluição hídrica, medidas para garantir um abastecimento de água que cubra a demanda mesmo sob condições de mudança climática e aumento do estresse hídrico, bem como a urgência de uma melhor valorização dos custos ambientais e do uso de recursos.

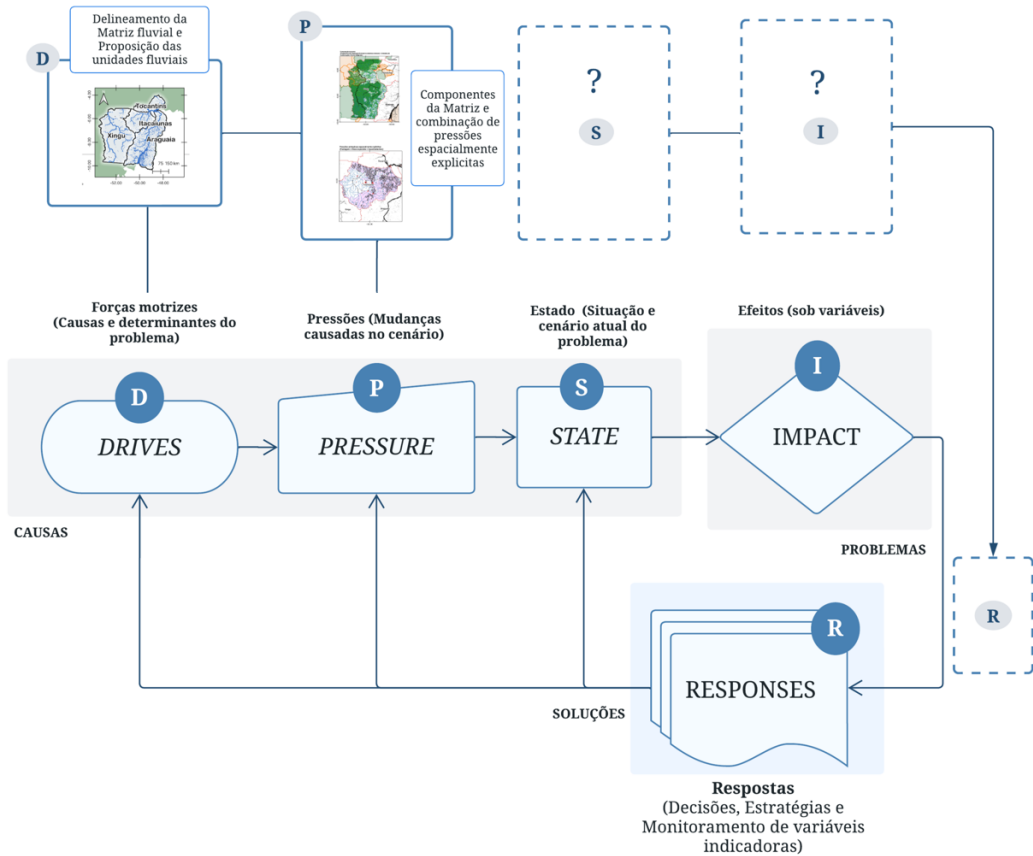
A Figura 3 foi construída a partir de Walmsley (2002), Silva et al. (2015) e Apostolaki et al. (2019) para retratar o modelo DPSIR que foi elaborado a fim de estudar a matriz hidrográfica de Carajás, buscando discutir o conjunto de fatores causais (*Drives, Pressure, State*), os problemas decorrentes (*Impact*) e o quadro de soluções (*Responses*). Estes resultados levaram à definição e qualificação de *drives* e pressões que possuem endereçamento espacialmente explícito na região de Carajás, vislumbrando a proposição preliminar de um marco de indicações de referência para subsidiar discussões estratégicas à governança hídrica regional. Neste sentido, os resultados foram qualificados e organizados em dois conjuntos:

1. Qualificação e reconhecimento de *drives* naturais de delimitação da matriz hidrográfica - propostos a partir de uma coleção de dados da rede hidrográfica e do modelo de elevação do terreno (especialmente ajustados à hidrografia), empregados

para configurar e delimitar as unidades fluviais da rede hidrográfica na região de Carajás;

2. Qualificação e reconhecimento de pressões espacialmente explícitas na matriz e de componentes da paisagem – propostos considerando o mosaico do uso e da cobertura do solo, dos assentamentos agrícolas, das unidades de conservação e das terras indígenas.

Figura 3 – Composição e estrutura do modelo DPSIR para a matriz hidrográfica da região de Carajás.



Fonte: Apostolaki et al. (2019); Silva et al. (2015); Walmsley (2002). Elaborada pelo autor.

Essa interpretação também indicou que o fatiamento em cotas de elevação determina pelo menos duas regiões fluviais espacialmente distintas, como descrito a seguir: 1) região Xingu-Itacaíúnas, onde os cursos d'água percorrem cotas de elevação mais altas (trechos de drenagem percorrendo até 500 m de altitude); e 2) região Araguaia-Tocantins, percorrendo altitudes a partir de 150 m (Figura 3). Nesta perspectiva, considerou-se que a altitude do terreno por onde percorrem os trechos d'água indica a necessidade de avaliar os atributos e critérios para o zoneamento fluvial regional, levando em conta que o uso e a conservação da bacia podem ser regulados pela altitude. Tais observações se aproximam das considerações de Vidal et al. (2023), onde é ressaltado que as variações topográficas implicam diretamente nas dinâmicas dos fluxos hídricos e sedimentológicos, e que a sinergia da paisagem com suas dinâmicas, funções, fluxos e

barreiras geográficas se relaciona à tipologia dos solos, às variações morfológicas e altitudinais, bem como às interações entre as formações florestais, campestres, refúgios e agrossistemas.

Vale salientar que o quadro DPSIR apresentado na Figura 3 é um ensaio preliminar que deve ser mais aprofundado e complementado a partir de novos ensaios, sobretudo quanto à qualificação e composição dos mosaicos de pressão sobre a matriz. Existem lacunas, como a análise do estado (*S-state*) e a definição de classes de impacto (*I-impact*), levando à proposição de soluções (*R-responses*) para o monitoramento.

***Drives* naturais: definindo e reconhecendo a matriz hidrográfica na região de Carajás**

A matriz hidrográfica da região de Carajás ora proposta contemplou três critérios espaciais para delimitação geográfica dos polígonos de análise: 1) modelos de elevação (DEM) ajustados para hidrografia; 2) composição da drenagem e dos principais corredores fluviais e; 3) delineamento de unidades de planejamento hídrico, considerando os níveis de otobacias, sub-bacias e trechos de drenagem. A partir deste delineamento, novas estratégias para o desenvolvimento podem ser discutidas à luz da definição de unidades de planejamento regional, levando em conta a organização espacial de bacias, sub-bacias e trechos de drenagem. Conseqüentemente, os resultados obtidos nesta análise propõem quatro unidades fluviais de planejamento: Araguaia, Tocantins, Itacaiúnas e Xingu (Figura 4).

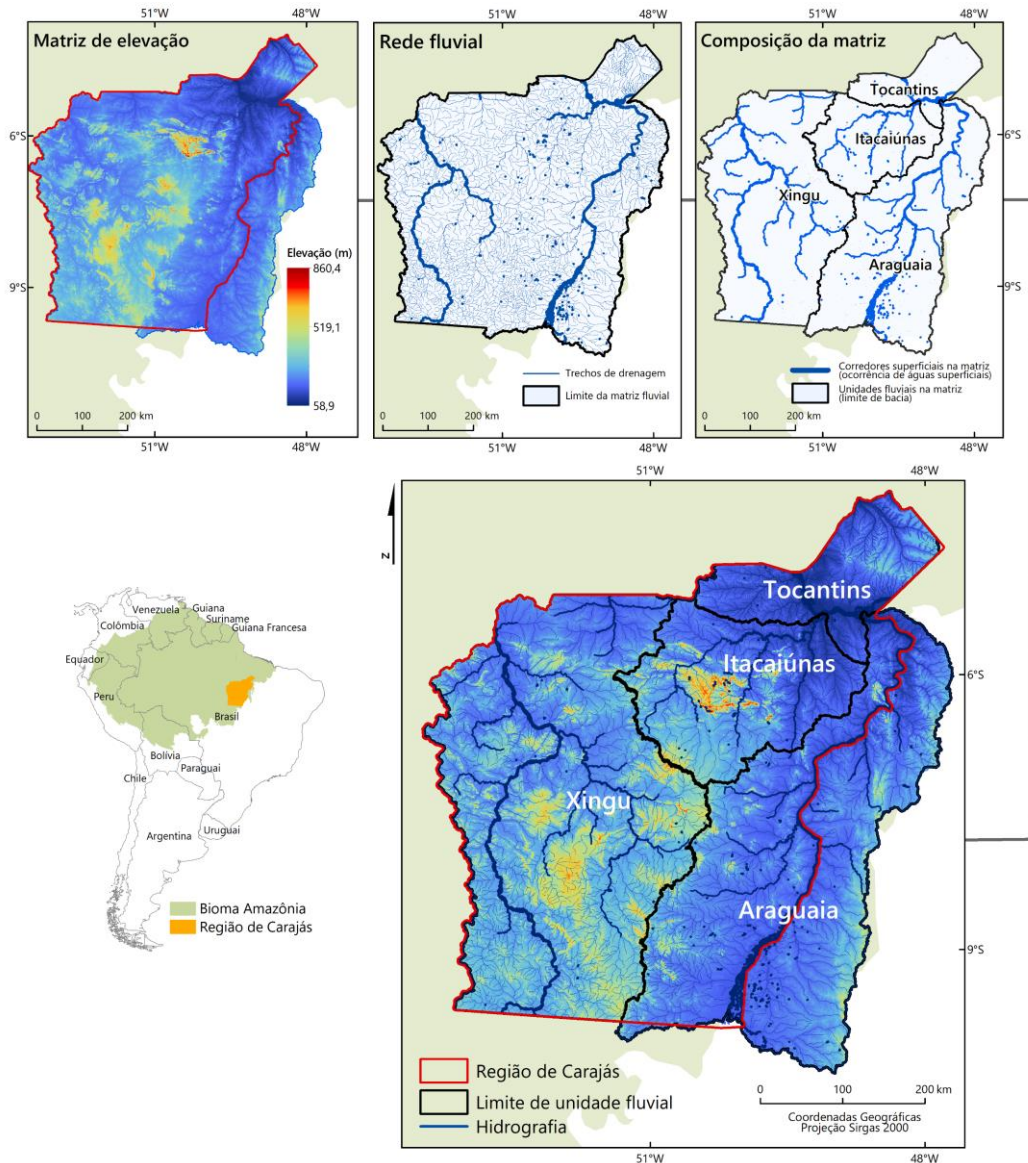
Por outra vertente, os resultados do presente estudo também se aproximam das indicações de Bouma e Slob (2014). Para o autor, o ordenamento do território envolve essencialmente o desenvolvimento e a implementação de estratégias e procedimentos para regular o uso e o desenvolvimento da terra, em uma tentativa de gerir e equilibrar as inúmeras pressões sobre ela. O planejamento espacial, incluindo a definição de unidades espaciais de gerenciamento, pode (ou deve) desempenhar um papel importante no tratamento das questões hídricas, e deve ser um mecanismo regional estabelecido, por meio do qual alguns dos desafios da gestão de bacias hidrográficas poderão ser abordados. Tais desafios são, por exemplo, relativos às inundações e poluição aquática, fortemente influenciadas pela natureza, pela localização do uso da terra e pelas mudanças desse uso em processo contínuo de regionalização do território.

Sobre esse aspecto, Monteiro e Silva (2023) apontam que o processo de regionalização é um resultado histórico que se expressa na configuração do território, sobretudo a partir da segunda metade dos anos 80, quando se consolidaram as evidências de que se desenhava uma etapa de “constituição da configuração territorial” no processo de institucionalização das regiões. Entre outros pontos importantes, os autores destacam que as ações dos governos militares criaram condições de acesso a um vasto estoque de recursos naturais, em geral, valorizados de forma muito homogênea.

A negação da diversidade biológica e social preexistente resultou no rápido crescimento de uma economia mercantil de base primária sustentada, sobretudo, pela mineração industrial e pela pecuária bovina, que não apenas assumiram a condição de vetores de homogeneização da economia, como também contribuíram para a edificação, fora do domínio estrito das relações econômicas de produção e do aparato estatal, de identidades sociais vinculadas aos valores implícitos e explícitos de um determinado modo de vida. Finalmente, os autores concluem que a região de Carajás se configurou como uma fração da fronteira brasileira do bioma Amazônia, logo,

como uma unidade distinta no espaço, não pelo fato de existir algum tipo de identidade inicial ou uma história internalizada, mas pelo fato de que o deslocamento do capital construiu uma miríade particular de relações e de práticas sociais que se amalgamam em um espaço específico.

Figura 4 – Delimitação da matriz hidrográfica de Carajás, Pará, considerando drenagem, elevação, ottobacias, sub-bacias e trechos de drenagem.



Fonte: ANA (2015); EC JRC/Google (2021); Yamazaki (2019). Elaborada por Keid Nolan Silva Sousa e Regiane Paracmas da Silva.

Pressões: Proposição de unidades fluviais regionalizáveis e investigação de componentes do mosaico da paisagem na matriz hidrográfica de Carajás

A diversidade dos estilos de ordenamento do território no Brasil exige um planejamento adaptativo e iterativo para poder implementar a ligação à gestão das bacias hidrográficas,

planejamento este que se encaixa bem nas tradições que dependem de sistemas flexíveis de planejamento organizacional. Segundo Bouma (2014), a abordagem de sistemas combina o planejamento espacial com a gestão de bacias hidrográficas, pois conecta sistemas sociais e ecológicos, e a abordagem dos serviços ecossistêmicos pode permitir ainda mais essa conexão. Assim, esse estudo se propôs a reconhecer as unidades fluviais que poderiam contemplar o envolvimento dos critérios espacialmente explícitos na escala de bacias e sub-bacias que influenciarão a gestão e implementação da bacia hidrográfica.

A seguir são destacados aspectos espacialmente relevantes para a caracterização das unidades fluviais de planejamento, combinando pressões antrópicas espacialmente explícitas (mosaico de uso da paisagem e assentamentos) e a composição da matriz (mosaico de cobertura florestal, pastagens e outras coberturas), considerando as características individuais de cada unidade fluvial.

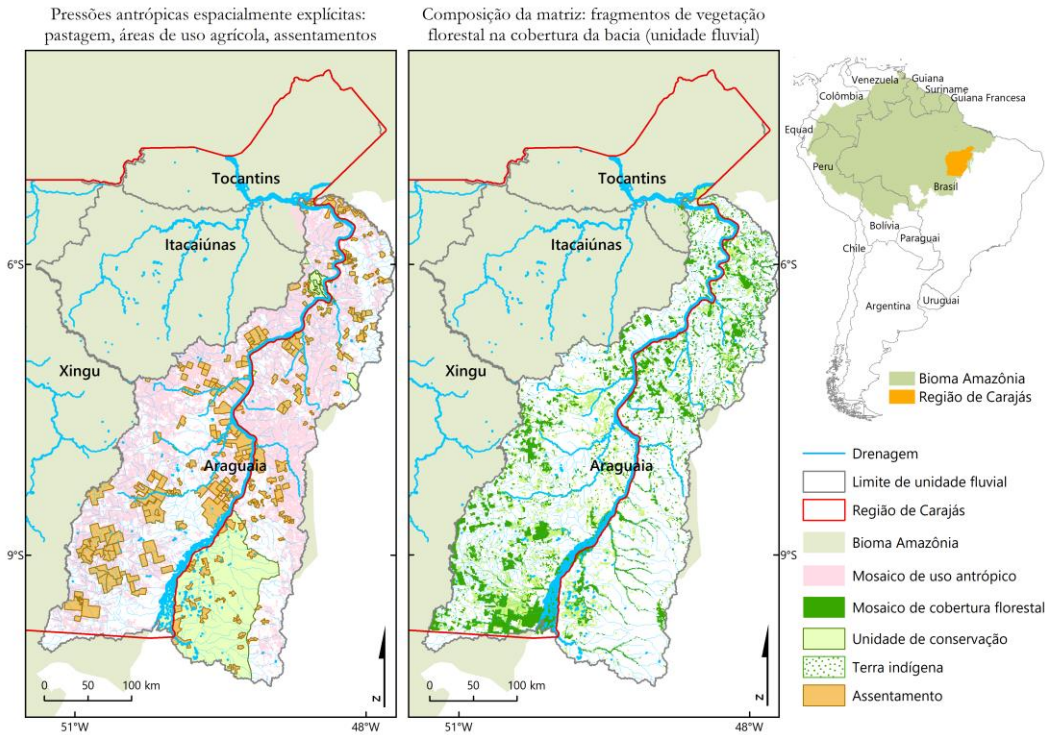
A Figura 5 propõe a delimitação da unidade fluvial Araguaia, que compreende as unidades de planejamento hídrico referidas pela ANA como médio e baixo Araguaia, com uma rede hidrográfica encaixada na cota de elevação a partir de 150 m, abrangendo o principal corredor fluvial (rio Araguaia), as sub-bacias adjacentes e os cursos d'água.

Nos termos do presente estudo, esta é a região mais extrema da borda oriental do bioma Amazônia, com predominância de pressões antrópicas espacialmente explícitas referidas a assentamentos, pastagens e áreas desmatadas, sendo mais frequente a ocorrência de mosaicos de assentamento, mas apresentando também uma menor proporção da presença de uso agrícola. Possui um corredor fluvial principal com uma extensão de aproximadamente 500,98 km (Figura 6). Politicamente, abrange municípios situados no estado do Pará (12 municípios na margem direita) e no estado do Tocantins (19 municípios na margem esquerda), separados pelo corredor fluvial do rio Araguaia. A cobertura de vegetação florestal e UCs demonstra uma região bastante fragmentada, com baixa ocorrência de manchas de vegetação florestal e duas manchas (UCs) de conservação - a Área de proteção ambiental da Ilha do Bananal e o Parque Estadual do Cantão - localizadas na porção sul da unidade fluvial.

A unidade fluvial Araguaia possui um total de 1.016 trechos de drenagem mapeados, conforme dados da ANA, constituídos por 856 trechos de 1ª a 3ª ordem (córregos, grotas, grotão e igarapés) e 160 trechos de 4ª a 8ª ordem (trechos com maior volume d'água).

A Figura 7 propõe uma delimitação da unidade fluvial Tocantins que compreende as unidades de planejamento hídrico referidas pela ANA como médio e baixo Tocantins, abrangendo 12 municípios (São João do Araguaia, Marabá, Abel Figueiredo, Rondon do Pará, São Domingos do Araguaia, São Sebastião do Tocantins, São Pedro da Água Branca, Bom Jesus do Tocantins, Jacundá, Itupiranga, Nova Ipixuna e Esperantina).

Figura 5 – Unidade fluvial Araguaia - pressões antrópicas espacialmente explícitas e a composição da matriz.



Fonte: ANA (2015) e Inpe (2021). Elaborada por Keid Nolan Silva Sousa e Regiane Paracampos da Silva.

Figura 6 – Vista do leito do rio Araguaia, São Geraldo do Araguaia, 2021.

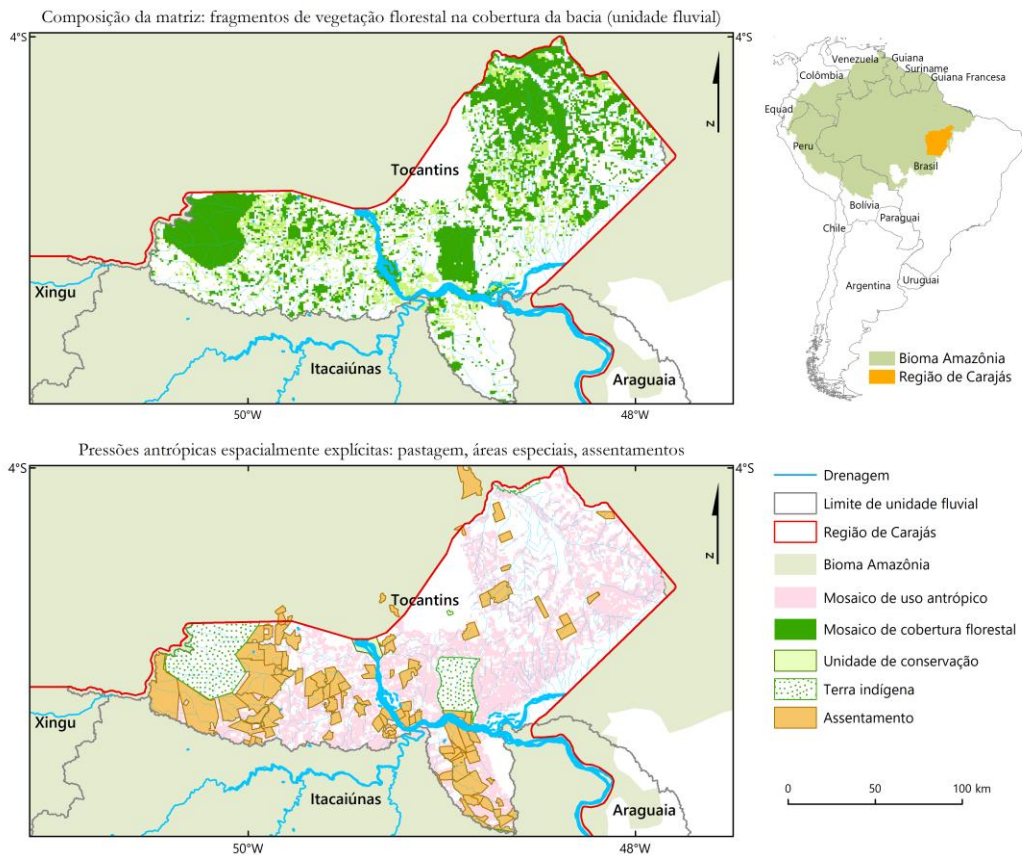


Nota: Incluída na presente edição.

Foto: Abraão Levi dos Santos Mascarenhas (6°22'3.45"S | 48°23'43.56"O). 📍

A unidade fluvial Tocantins tem uma rede fluvial encaixada na cota de elevação a partir de 150 m abrangendo o principal corredor fluvial (rio Tocantins), as sub-bacias adjacentes e os cursos d'água. Essa unidade percorre cerca de 166,9 km de extensão linear, composta por um mosaico com 48,03 % de manchas de cobertura florestal e 48,88% de manchas de pastagem, perfazendo 96,91% da área total da unidade. É constituída por 103 assentamentos agrários que totalizam 902 mil hectares e 16.530 famílias. Duas terras indígenas estão incluídas no mosaico: TI Parakanã, pertencente ao grupo étnico Parakanã, com cobertura aproximada de 351 mil hectares; e TI Mãe Maria, pertencente ao povo indígena Gavião, com uma área de aproximadamente 62 mil hectares.

Figura 7 – Unidade fluvial Tocantins - pressões antrópicas espacialmente explícitas e a composição da matriz.



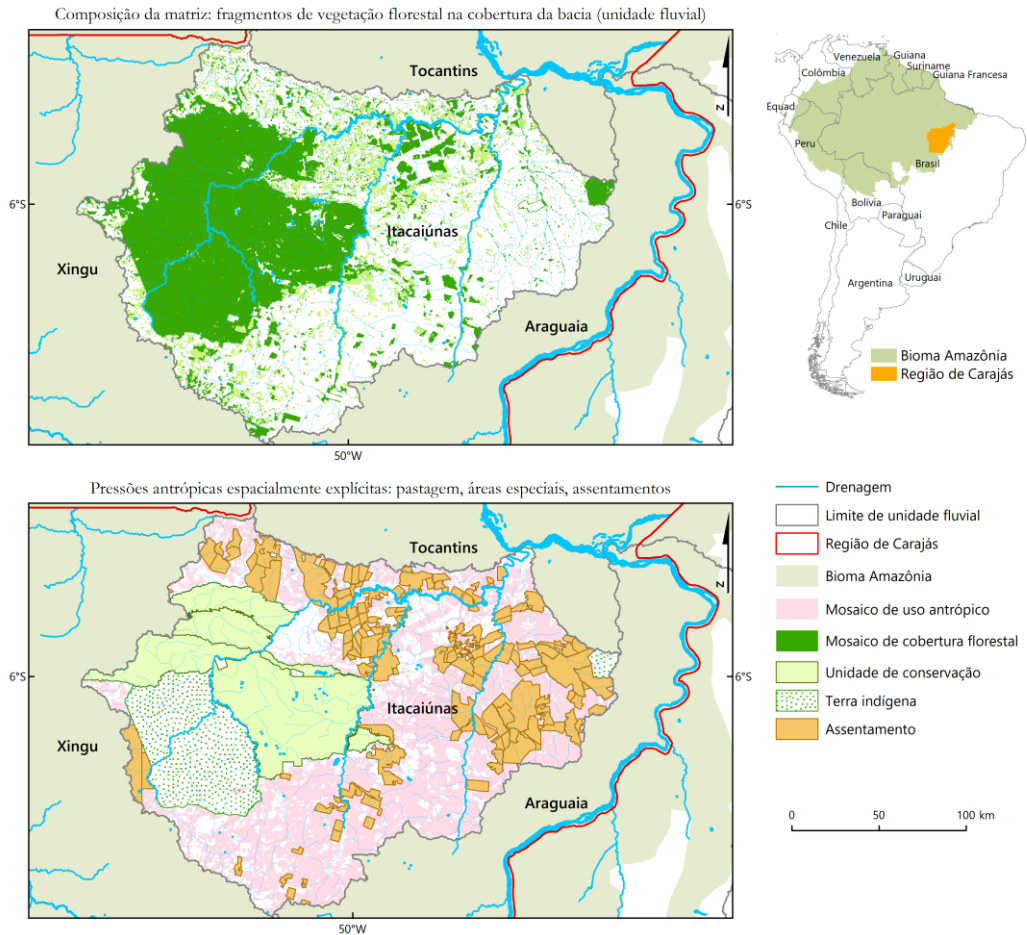
Fonte: ANA (2015) e Inpe (2021). Elaborada por Keid Nolan Silva Sousa e Regiane Paracampos da Silva.

A Unidade Fluvial Tocantins possui um total de 481 trechos de drenagem mapeados, conforme dados da ANA, constituídos por 421 trechos de 1ª. a 3ª. ordem (córregos, grotas, grotão e igarapés), e 60 trechos de 4ª a 8ª ordem (trechos com maior volume d'água).

A Figura 8 propõe a delimitação da unidade fluvial Itacaiúnas. Compõe-se de 10 municípios (São Geraldo do Araguaia, Xinguara, Piçarra, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Parauapebas, Marabá, Eldorado do Carajás, Água Azul do Norte e Sapucaia), 143 assentamentos, seis unidades de conservação (Floresta Nacional de Tapirapé-Aquiri, Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado, Floresta Nacional de Carajás, Floresta Nacional de Itacaiúnas, Reserva Biológica do

Tapirapé e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos) e 2 Terras Indígenas (Terra Indígena Xikrin do Cateté e Terra Indígena Sororó). Na composição do mosaico de uso, predomina 51,98% de pastagem com manejo e uso agrícola, e 47,15% de cobertura florestal, silvicultura e ocupações em área florestal. A drenagem é composta por 418 trechos de 1ª a 3ª ordem e 73 trechos de 4ª a 5ª ordem.

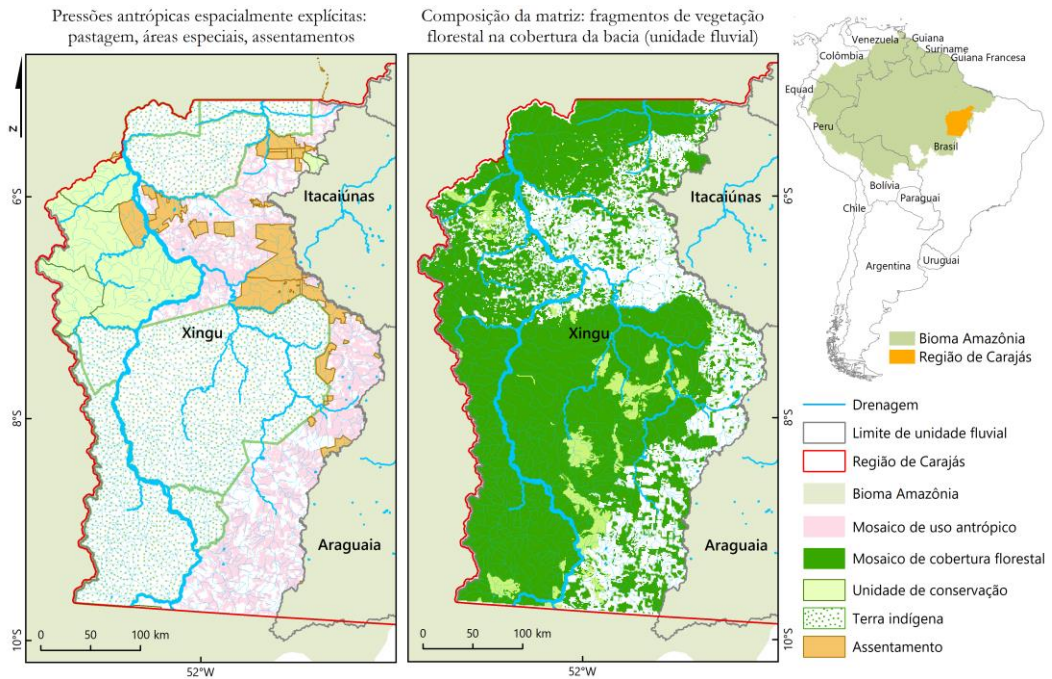
Figura 8 – Unidade Fluvial Itacaiúnas - pressões antrópicas espacialmente explícitas e a composição da matriz.



Fonte: ANA (2015) e Inpe (2021). Elaborada por Keid Nolan Silva Sousa e Regiane Paracampos da Silva.

A Figura 9 apresenta a proposta da unidade fluvial Xingu. Compõe-se de cinco municípios (Tucumã, Bannach, São Félix do Xingu, Cumaru do Norte e Ourilândia do Norte), 29 assentamentos, 13.226 famílias, quatro unidades de conservação (Reserva Extrativista Rio Xingu, Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu, Estação Ecológica da Terra do Meio e Parque Nacional da Serra do Pardo) e seis Terras Indígenas (Araweté Igarapé Ipixuna, Kayapó, Badjonkore, Menkragnotí, Trincheira/Bacajá e Apyterewa). O mosaico é constituído por 72,86% de cobertura florestal e 21,57% de pastagem com manejo e uso agrícola. A drenagem é composta por 1.811 trechos d'água distribuídos em 1601 de 1ª a 3ª ordem e 207 de 4ª a 6ª ordem.

Figura 9 – Unidade Fluvial Xingu - pressões antrópicas espacialmente explícitas e a composição da matriz.



Fonte: ANA (2015) e Inpe (2021). Elaborada por Keid Nolan Silva Sousa e Regiane Paracampos da Silva.

O presente estudo é um ensaio que visa reconhecer e agregar *drives* de pressão antrópica espacialmente explícitos com a composição da paisagem que influencia na matriz hidrográfica da região de Carajás, assumindo como referencial conceitual os princípios de regionalização adotados por Monteiro e Silva (2023), bem como *drives* e indicadores de pressão espacialmente explícitos (Silva et al., 2015; Silva e Zaidan, 2004). Na mesma linha, traz como essência as referências apresentadas por Galimbert (2021) onde a concepção da matriz hidrográfica é um componente central do planejamento contemporâneo, considerando as condições de toponímia e a composição territorial da região.

Nesta discussão, a partir da combinação dos fatores espaciais (pressão + componentes da paisagem), o presente estudo delimitou a matriz da paisagem na região de Carajás e identificou as unidades fluviais que compõem a matriz. A combinação dos modelos de elevação global ajustados para a hidrografia (MERIT Hydro) com a rede fluvial de drenagem proposta pelo modelo de Ottobacias (ANA, 2015) nível 4 e 5 gerou o recorte das áreas de interesse, denominadas de unidades fluviais.

Nesta discussão, as pressões territoriais sobre a matriz hidrográfica demonstradas no presente estudo constituem aproximações espacialmente definidas da realidade que necessitam de validação em campo, sobretudo para o estado atual dos trechos de drenagem. É provável que uma quantidade de canais de drenagem, sobretudo de 1ª a 3ª ordem, possa ter sido extinta, caracterizando perdas de águas na superfície da matriz hidrográfica. Estes fatos precisam ser mais aprofundados, visto que já são fatos comprovados em escala global, conforme descrito por Pekel et al. (2016) e Yamazaki et al. (2019). Entre 1984 e 2015, as águas superficiais permanentes desapareceram de uma área de quase 90.000 quilômetros quadrados. Mais de 70% da perda líquida

permanente global de água ocorreu no Oriente Médio e na Ásia Central, ligada à seca e às ações humanas, incluindo desvio ou barragem de rios e retirada não regulamentada. Em diversas situações, as ações humanas promovem alterações na carga de sedimentos dos rios, carreando elementos potencialmente tóxicos com efeitos danosos aos ecossistemas e às populações ribeirinhas, em certa medida, alterações dessa ordem na região de Carajás decorrem da presença e da proliferação dos garimpos ilegais (Figura 10).

Figura 10 – Garimpagem de ouro na reserva indígena Kaiapó, 1995, promovendo alterações na carga de sedimentos em cursos d’água.



Foto: Nair Benedicto (OlharImagem).

Um fato registrado recentemente na unidade fluvial Itacaiúnas reforça a necessidade de ampliação e aprofundamento no estudo dos efeitos das pressões antrópicas sobre a matriz hidrográfica de Carajás. Sousa et al. (2022) objetivaram avaliar as concentrações de Ca, K, Na e Mg na água e nos peixes de rios da região. Os rios analisados apresentam uma variação nas concentrações de macroatmentos, sendo o Parauapebas o rio com as concentrações mais elevadas de Ca, K, Mg e Na, quando comparado aos igarapés Gelado e Tapirapé. Os peixes analisados absorveram níveis diferentes de macroatmentos, na ordem de $K > Ca > Na > Mg$ para todas as espécies analisadas. Sob a mesma condição, o Piau (*Leporinus*) apresentou a maior capacidade de absorver Ca, K, Na e Mg da água, quando comparado ao Curimatã (*Prochilodus lineatus*). Os resultados da pesquisa são pouco conclusivos e carecem de maior aprofundamento. Em outro estudo, Oliveira et al. (2020) analisaram o comportamento espacial das formações vegetais e do uso do solo na área de transição ecológica Amazônia-Cerrado, considerando as características da cobertura vegetal, mas sem aprofundamento nas questões hidrográficas.

O emprego de atributos espacialmente explícitos para delinear e configurar a matriz hidrográfica do Carajás traz em sua essência a proposição de uma abordagem espacial de atributos da paisagem sobre a rede fluvial regional, abrangendo as unidades fluviais convenientemente denominadas de Araguaia, Tocantins, Itacaiúnas e Xingu. No entanto, é notável a necessidade de agregar outros fatores espacialmente explícitos, para além do uso da terra. O cadastro de atributos de uso dos sistemas aquáticos, como pesca, qualidade da água e aquicultura, poderá agregar fatores de classificação para outras escalas de análise das unidades fluviais. Certamente será necessária a construção de um banco de dados geográfico focado na geração de informações qualificadas sobre as unidades fluviais ora propostas. Além disso, tal banco de dados poderá ser utilizado como suporte para decisões estratégicas relativas ao planejamento regional.

De toda maneira, resguardadas suas limitações metodológicas e analíticas, o presente estudo vislumbrou apresentar uma primeira aproximação regional e uma configuração espacial baseada em componentes da rede fluvial delimitados conforme a cota de altitude em que se encaixam no terreno. Adotando a classificação proposta por Vidal et al. (2023), as tipologias das unidades de paisagem deste estudo são encaixadas nas terras altas, terras médias e terras baixas, configurando um referencial para o enquadramento funcional das unidades fluviais ora apresentadas. Futuramente, os dois modelos poderão ser agregados por afinidades das classes temáticas, com a finalidade de subsidiarem o delineamento de unidades experimentais para a análise da hidrografia na escala da paisagem, bem como de seu emprego como unidades de planejamento regional reguladas pela variação topográfica do terreno e pelos demais componentes dos mosaicos da paisagem na escala de bacias e sub-bacias.

No contexto da rede fluvial, Ward et al. (2002) consideram que a diversidade de paisagens fluviais é ao mesmo tempo dominada por sociedades humanas onde a natureza e a cultura interagem em prol do desenvolvimento. Sua sustentabilidade depende primariamente da atenção às pessoas, mas também da manutenção e preservação das funções ecológicas do sistema. Para Gao et al. (2018), compreender os processos hidrológicos a partir de uma perspectiva ecológica é um campo de pesquisa empolgante e de rápido crescimento. Paisagens e água estão intimamente ligadas, assim como os avanços na interação entre a heterogeneidade da paisagem e os processos hidrológicos.

Segundo Wiens (2002), em termos gerais, a ecologia da paisagem se encontra na intersecção entre as disciplinas bem estabelecidas da geografia, ecologia e antropologia social. Incorpora também elementos híbridos dessas disciplinas: ecologia espacial (ecologia + geografia), geografia humana (geografia + antropologia social) e ecologia cultural (antropologia social + ecologia). O autor elucida conceitos como manchas, corredores e conectividade, integrando-os às paisagens e planejamento de rios. Nessa perspectiva, Lang e Blaschke (2009) definem o planejamento da paisagem como um instrumento de projeto territorial com base legal para a realização de objetivos de proteção à natureza e de cuidado com a paisagem em lugares com ou sem a ocupação humana. Segundo Leitão et al. (2006), o objetivo do planejamento é organizar as funções do espaço de tal maneira que demonstre a melhor relação mútua ou a melhor opção de desenvolvimento humano com os potenciais naturais em uma configuração espacial comum.

A discussão trazida por Molle (2009) coloca em evidência o fato que o conceito de bacia hidrográfica como unidade de gestão ou planejamento passou por várias etapas e está em estado

de fluxo na Europa. Para o autor, a bacia hidrográfica, além de sua relevância como unidade geográfica para fins de desenvolvimento e gestão de recursos hídricos, pode ser tratada como paisagens aquáticas interconectadas gerenciadas por níveis políticos/administrativos e sociais, sendo uma questão fundamental que alimenta uma busca interminável por sistemas de governança que unam natureza e sociedade.

Na mesma reflexão, com base nos métodos de planejamento ecológico existentes, Ferreira e Leitão (2005) desenvolveram uma estrutura conceitual para o planejamento sustentável da paisagem, aplicando conceitos ecológicos da paisagem e explorando os múltiplos papéis potenciais das métricas da paisagem como ferramentas de planejamento ecológico. Os autores defendem uma estrutura comum capaz de aplicar o conhecimento ecológico no planejamento do território, cabível a todas as atividades de planejamento físico. Finalmente, Metzgher *et al.* (2021) concluem que se os modelos de paisagem forem corretamente validados, podem dar importantes indicações sobre qual padrão de desmatamento é menos prejudicial em termos biológicos, sendo assim de grande valia para o planejamento da expansão da fronteira agrícola na Amazônia e para a otimização da conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas.

Recentemente, Williams-Subiza e Epele (2021) publicaram uma revisão sobre *drivers* da perda de biodiversidade em ambientes de água doce. Nesse estudo, os autores alertam que as espécies estão desaparecendo a uma taxa comparável com as extinções em massa anteriores. Os ambientes de água doce estão sendo particularmente afetados com perdas de biodiversidade que ocorrem muito mais rápido neles do que em ecossistemas terrestres ou marinhos. O estudo avaliou a pesquisa sobre os fatores da perda de biodiversidade em ambientes de água doce, conforme descrito em quase 37.000 artigos publicados na última década. Artigos sobre biodiversidade publicados entre 2010 e 2019 foram recuperados para determinar o número de estudos que abordavam um determinado *Driver* da perda de biodiversidade, analisando os títulos, resumos e palavras-chave. Verificou-se também que os países megadiversos, que em sua maioria eram também países em desenvolvimento, publicaram substancialmente menos artigos do que os países desenvolvidos, mas menos biodiversos.

CONCLUSÕES

A presente análise é uma discussão que se faz ainda de forma preliminar, mas que poderá constituir um quadro referencial com indicadores estruturados no modelo DPSIR para a detecção e a inspeção espacial da rede hidrográfica como instrumento de apoio à governança hídrica regional e mapeamento das vocações territoriais, propondo unidades fluviais de planejamento na matriz hidrográfica do Carajás. A proposição do termo matriz hidrográfica provém de um encontro entre terminologias amplamente empregadas em estudos com abordagens multidisciplinares. As investigações na escala da paisagem trazem no seu referencial três conceitos importantes: matriz, corredor e manchas. Os resultados abordam o termo matriz como um substrato “temático” onde ocorrem fenômenos espacialmente explícitos ou não, determinando a formação de corredores e de manchas. Para o caso dos estudos de hidrografia, a geomorfologia adota a definição de formas geográficas percorridas e determinadas pelos movimentos da água, podendo apresentar percursos em forma de feições (mosaicos) conectados pela água, configurando uma bacia hidrográfica. Com isto, o termo “matriz hidrográfica” se propõe a

explorar e estabelecer uma ligação entre as abordagens ligadas à ecologia da paisagem e à geomorfologia para discutir aspectos como planejamento, governança hídrica e Desenvolvimento regional.

Portanto, o termo “matriz hidrográfica” está inserido neste estudo como uma alternativa para definir as unidades espaciais de planejamento hídrico, integrando premissas oriundas da ecologia de paisagens (tais como matriz, corredor e manchas, compondo um mosaico espacial), da geomorfologia (assumindo a bacia hidrográfica e suas respectivas feições), e da geografia (considerando o termo “território” como um espaço físico em uso pelo ser humano). O presente estudo também incrementou novas classes de *drivers* não espacialmente explícitos como estudos de viabilidade territorial relativos às cadeias da bioeconomia bioecológica dos serviços de provisão de alimentos de origem aquática (pesca e piscicultura e suas importâncias como componentes estratégicos para a segurança alimentar regional e posição estratégica no território); dos serviços de lazer e turismo, como cadeias de turismo sustentável baseado em pesca esportiva; e viabilidade territorial para a produção e o cultivo de peixes ornamentais, bem como para a recuperação de remanescentes fluviais – estratégia de preservação e conservação de remanescentes da biodiversidade aquática em áreas antropizadas.

REFERÊNCIAS

- Ahern, J. (1999). Spatial concepts, planning strategies, and future scenarios: a framework method for integrating landscape ecology and landscape planning. In J. M. Klopatek e R. H. Gardner (Eds.), *Landscape ecological analysis: Issues and Applications* (pp. 175-201). Nova York: Springer. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0529-6_10
- ANA. (2015). *Corpos hídricos superficiais e dominialidade*. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico/Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ef7d29c2ac754e9890d7cdbb78cbaf2c>
- Apostolaki, S., Koundouri, P. e Pittis, N. (2019). Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*, 679, 70-79. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.077>
- Barbosa, E. J. d. S., Vidal, M. R., Mascarenhas, A. L. d. S. e Silva, L. N. F. (2023). Componentes naturais da paisagem na região de Carajás. In M. A. Monteiro (Ed.), *Amazônia: a região de Carajás* (pp. 677-706). Belém: NAEA. (neste volume)
- Bouma, G. e Slob, A. (2014). How Spatial Planning Can Connect to River Basin Management. In J. Brils, W. Brack, D. Müller-Grabherm, P. Négrel e J. E. Vermaat (Eds.), *Risk-Informed Management of European River Basins* (Vol. 29, pp. 321-345). Berlim: Springer. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-38598-8_12
- Dale, M. R. T. e Fortin, M. (2007). *Spatial analysis: a guide for ecologists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- EC JRC/Google. (2021). *GSW - Global Surface Waters*. Disponível em: <https://global-surface-water.appspot.com/download>.
- EEA. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview*. Copenhagen: European Environmental Agency. (Tecnical report n. 25)
- Feás, J., Giupponi, C. e Rosato, P. (2004). Water management, public participation and decision support systems: the Mulino Approach. *International Congress on Environmental Modelling and Software* (71). Disponível em: <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2004/all/71>
- Ferreira, H. e Leitão, A. B. (2005). Integrating landscape and water resources planning with focus on sustainability. In B. Tress, G. Tres, G. Fry e P. Opdam (Eds.), *From landscape research to landscape planning, Aspects of integration, education and application* (pp. 143-159). Dordrecht: Springer.

- Galimberti, C. I. (2021). "Proyectar con la naturaleza". La Matriz hidrográfica como componente central del planeamiento contemporáneo: caso área metropolitana de Rosario. *Revista de Direito da Cidade*, 13 (3), 1422-1443. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/rdc.2021.60687>
- Gao, H., Sabo, J. L., Chen, X., Liu, Z., Yang, Z., Ren, Z. e Liu, M. (2018). Landscape heterogeneity and hydrological processes: a review of landscape-based hydrological models. *Landscape ecology*, 33 (9), 1461-1480. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0690-4>
- Giupponi, C. (2002). From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process. *MULINO International Conference on "Policies and tools for sustainable water management in the EU"*.
- Giupponi, C. (2007). Decision support systems for implementing the European water framework directive: the Mulino approach. *Environmental Modelling & Software*, 22 (2), 248-258.
- Google. (s.d). Google Earth Engine. Disponível em: <https://code.earthengine.google.com/>
- IBGE. (2018). Index of Informações ambientais - cobertura e uso do solo. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/
- Incrá. (2022). *Acervo fundiário*. Disponível em: <https://acervofundiario.incrá.gov.br/acervo/acv.php>
- Inpe. (2021). *Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite – Prodes*. Disponível em: <http://terrabrasil.dpi.inpe.br/downloads>
- Lang, S. e Blaschke, T. (2009). *Landscape analysis with GIS*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Leitao, A. B., Miller, J., Ahern, J. e McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Washington: Island Press.
- Metzger, J. P., Villarreal-Rosas, J., Suárez-Castro, A. F., López-Cubillos, S., González-Chaves, A., Runting, R. K., Hohlenwerger, C. e Rhodes, J. R. (2021). Considering landscape-level processes in ecosystem service assessments. *Science of the Total Environment*, 796 (149028). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149028>
- Molle, F. (2009). River-basin planning and management: The social life of a concept. *Geoforum*, 40 (3), 484-494. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.03.004>
- Monteiro, M. A. e Silva, R. P. (2023). Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás. In M. A. Monteiro (Ed.), *Amazônia: a região de Carajás* (pp. 17-34). Belém: NAEA. (neste volume)
- OECD. (2018). *Implementing the OECD Principles on Water Governance: Indicator Framework and Evolving Practices*. Paris: OECD Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264292659-en>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N. e Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540 (7633), 418-422. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Segurado, P., Ferreira, T. e Branco, P. (2021). Assessing the Effects of Multiple Stressors on Aquatic Systems across Temporal and Spatial Scales: From Measurement to Management. *Water*, 13 (24), 3549. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13243549>
- Silva, C. J., Sousa, K. N. S., Ikeda-Castrillon, S. K., Lopes, C. R. A. S., da Silva Nunes, J. R., Carniello, M. A., Mariotti, P. R., Lazaro, W. L., Morini, A. e Zago, B. W. (2015). Biodiversity and its drivers and pressures of change in the wetlands of the Upper Paraguay–Guaporé Ecotone, Mato Grosso (Brazil). *Land Use Policy*, 47, 163-178. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.04.004>
- Silva, J. X. e Zaidan, R. T. (2004). *Geoprocessamento e Análise ambiental* (6ª ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Sousa, P. E. S., da Silva, M. M. C., da Silva, D. R., Rodrigues, M. C. S. F., Rodrigues, J. E. L. F. e de Lima, M. W. (2022). Macroelementos em peixes de rios da Amazônia Oriental: estudo de caso na Região de Integração de Carajás. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 20. Disponível em: <https://doi.org/10.7213/acad.2022.20005>
- Stendera, S., Adrian, R., Bonada, N., Cañedo-Araguelles, M., Hugueny, B., Januschke, K., Pletterbauer, F. e Hering, D. (2012). Drivers and stressors of freshwater biodiversity patterns across different ecosystems and scales: a review. *Hydrobiologia*, 696 (1), 1-28. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1183-0>
- Vidal, M. R., Mascarenhas, A. L. d. S., Silva, E. V. d. e Barbosa, E. J. S. (2023). Geoecologia: aportes para uma aproximação taxonômica das Unidades de Paisagens para a região de Carajás. In M. A. Monteiro (Ed.), *Amazônia: a região de Carajás* (pp. 707-728). Belém: NAEA. (neste volume)
- Walmsley, J. J. (2002). Framework for measuring sustainable development in catchment systems. *Environmental management*, 29 (2), 195-206. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-001-0020-4>

- Ward, J., Malard, F. e Tockner, K. (2002). Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landscape ecology*, 17 (1), 35-45. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1015277626224>
- Wiens, J. A. (2002). Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater biology*, 47 (4), 501-515. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00887.x>
- Williams-Subiza, E. A. e Epele, L. B. (2021). Drivers of biodiversity loss in freshwater environments: A bibliometric analysis of the recent literature. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31 (9), 2469-2480. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aqc.3627>
- Yamazaki, D. (2019). *Global Hydrography datasets - MERIT DEM*. Disponível em: http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_Hydro/
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P. D., Allen, G. H. e Pavelsky, T. M. (2019). MERIT Hydro: a high-resolution global hydrography map based on latest topography dataset. *Water Resources Research*, 55 (6), 5053-5073. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2019WR024873>

Sugestão de citação:

Sousa, K. N. S. (2023). A matriz hidrográfica de Carajás, PA: um estudo sobre unidades fluviais e pressões espacialmente explícitas na paisagem. In M. A. Monteiro (Ed.), *Amazônia: a região de Carajás* (pp. 729-750). Belém: NAEA. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-85-7143-217-8.cap32>