

A relação entre as mudanças na paisagem e a vazão da bacia do rio Capim, Pará, Brasil

The relationship between the changes in the landscape and the discharge of the Capim River Basin, Pará, Brazil

Gustavo Francesco de Moraes Dias^I | Aline Maria Meiguins de Lima^{II} |
Milena de Nazaré Silva Santos^{II} | Paulo Eduardo Silva Bezerra^{II}

^IInstituto Federal do Pará. Parauapebas, Pará, Brasil

^{II}Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

Resumo: As implicações ocasionadas pelas mudanças no uso e na cobertura da terra têm afetado o comportamento de bacias hidrográficas. Neste contexto, o estudo teve como objetivo analisar a relação entre a vazão e as métricas de paisagem, para os anos de 2004, 2008, 2010 e 2014, na bacia do rio Capim, localizada no nordeste do estado do Pará. Para isso, utilizou-se métricas de paisagem, a fim de relacioná-las com a vazão do rio. Com base na relação entre as análises das métricas de paisagem e o escoamento, foi possível identificar que os índices de total de bordas (TE) e de agregação (AI) são os que melhor se associam às mudanças no regime de vazão da bacia hidrográfica. Desse modo, pode-se verificar que a fragmentação das classes floresta e pastagem possui papel fundamental na alteração hídrica da bacia. Portanto, as alterações nessas classes ao longo da bacia associam-se ao desenvolvimento da pecuária, a qual impulsiona a economia dos municípios da região, todavia, tem favorecido o desmatamento e a fragmentação florestal, comprometendo o cenário hídrico local. Os índices de mensuração da paisagem mostraram-se uma metodologia vantajosa para o entendimento da dinamicidade de usos e de interferências antrópicas atuantes na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Dinâmica da paisagem. Fragmentação florestal. Comportamento hidrológico.

Abstract: The implications of changes in land use and land cover have affected river basin behavior. In this context, the study aimed to analyze the relationship between discharge rate and landscape metrics for the years 2004, 2008, 2010 and 2014 in the Capim River basin, located in the northeast of the state of Pará. Landscape metrics in order to relate them to the discharge rate of the Capim River. Based on the relationship between the analysis of landscape metrics and runoff, it was possible to identify that the total edge (TE) and aggregation (AI) indices are the ones that are best associated with changes in the watershed flow regime. Thus, it can be verified that the fragmentation of the forest and pasture classes has a fundamental role in the basin water alteration. Therefore, changes in these classes throughout the basin are associated with the development of livestock, which boosts the economy of the region's municipalities. However, it has favored deforestation and forest fragmentation, compromising the local water scenario. Landscape measurement indices have proved to be an advantageous methodology for understanding the dynamics of uses and anthropic interference acting in the watershed.

Keywords: Landscape dynamics. Forest fragmentation. Hydrological behavior.

DÍAS, G. F. M., A. M. M. LIMA, M. N. S. SANTOS & P. E. S. BEZERRA, 2019. A relação entre as mudanças na paisagem e a vazão da bacia do rio Capim, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(2): 255-270.

Autor para correspondência: Gustavo Francesco de Moraes Dias. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará. Rodovia PA 275, União. Parauapebas, PA, Brasil. CEP 68515-000 (gustavo.dias@ifpa.edu.br).

Recebido em 30/06/2018

Aprovado em 09/03/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira tem passado por sucessivas modificações ao longo das décadas. Estudos enfatizam que o principal agente causador das mudanças de uso da terra no cenário amazônico associa-se ao processo de ocupação, em vista do intenso fluxo migratório para a região, expresso pelo desenvolvimento de atividades de cunho socioeconômico, como exploração madeireira, agricultura e pastagem, bem como expansão do agronegócio (Laurance & Curran, 2008). O histórico de povoamento no contexto amazônico transformou os padrões locais de uso da terra, contribuindo com a conversão de florestas em áreas agrícolas e pastagem, ocasionando, assim, a fragmentação florestal na região, alterando de forma significativa o equilíbrio ambiental dos ecossistemas (Kuhn, 2005).

Nesse contexto, o processo de ocupação e de apropriação do meio ambiente resulta em significativos problemas ambientais, vinculados à expansão do desmatamento e à desestabilização do espaço natural. A adoção de bacias hidrográficas como unidade de análise expressa inúmeros benefícios no que diz respeito à dinamicidade socioambiental e territorial, uma vez que elas reproduzem as múltiplas intervenções antrópicas sobre o meio ambiente, atuando como instrumento aferidor da real situação da paisagem (Silva *et al.*, 2016).

De acordo com Santos *et al.* (2017), a realização de estudos hidrológicos em bacias tornou-se fundamental para o entendimento do ciclo hidrológico e dos impactos que as mudanças do uso da terra exercem sobre a disponibilidade e a qualidade da água, pois os rios atuam como coletores naturais da paisagem, refletindo o uso e a ocupação da terra proveniente em sua respectiva bacia.

Diversos estudos (Dias *et al.*, 2015; Araújo & Ponte, 2016; Souza *et al.*, 2017) já comprovaram a relação entre o uso e a cobertura da terra com o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, identificando que mudanças na cobertura vegetal influenciam diretamente na evapotranspiração, na infiltração, no escoamento superficial e na qualidade da água. Logo, a troca de uma cobertura por outra, quer seja

pastagem, floresta ou vegetação secundária, certamente influenciará diretamente no comportamento das vazões.

Para Mortatti *et al.* (2014), as séries temporais de vazão são a resposta das relações dos componentes do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, das influências naturais e antrópicas em uma determinada região. Logo, quando exposta a intensas interferências no padrão de uso e de cobertura da terra, a bacia do rio Capim propende ao aumento da vulnerabilidade territorial e hidrológica, visto que a capacidade de infiltração está diretamente ligada à cobertura e ao uso da terra, pois solos cobertos por florestas normalmente apresentam alta capacidade de infiltração, o que diminui consideravelmente o escoamento superficial, porém, solos com baixa cobertura vegetal e que sofreram compactação apresentam a sua capacidade de infiltração consideravelmente reduzida, resultando em maior escoamento superficial.

A utilização de indicadores ou de métricas de paisagem torna possível a realização de diagnósticos relacionados às alterações ocorridas no contexto local e a verificação das condições da fragmentação florestal, visando identificar quais medidas podem ser tomadas para contornar esse problema (Jesus *et al.*, 2015). A adoção de métricas constitui uma tentativa de mensuração e de complexidade entre os elementos formadores da paisagem, na tentativa de exprimir a estrutura paisagística, focando-se na distribuição espacial de manchas.

Visando identificar possíveis modificações ocasionadas pela interferência de uso e de ocupação da terra, bem como dimensionar o processo de fragmentação florestal aplicado a bacias hidrográficas, possibilitando a construção de subsídios de manutenção e de planejamento dos eventuais problemas associados aos sistemas hidrológicos, este artigo tem como base de investigação a bacia hidrográfica do rio Capim e sua importância para o estado do Pará. Dessa forma, buscou-se relacionar, por meio de métricas de paisagem, a fragmentação das classes para os anos de 2004, 2008, 2010 e 2014, associando-os com a vazão do rio Capim.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Capim está localizada no nordeste do estado do Pará (Figura 1) e compõe o eixo de maior circulação econômica do estado, direcionado ao longo da rodovia Belém-Brasília (BR-010). Destaca-se por concentrar ações de infraestrutura voltadas ao desenvolvimento econômico local, tais como a hidrovía Guamá-Capim, os projetos industriais e mineiros e a expansão das atividades extrativistas e agropecuárias nos municípios da região (Lima & Ponte, 2012).

Entre os municípios localizados no estado do Pará, estão São Domingos do Capim, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas, Ulianópolis, Goianésia do Pará, Dom Eliseu e Rondon do Pará. Já no estado do Maranhão, estão localizados apenas Açailândia, Cidelândia e Vila dos

Marítimos. Além destes, existem os municípios de borda que apresentam apenas uma pequena área dentro da bacia.

METODOLOGIA

No estudo, adotou-se os limites definidos pelo Sistema Ottobacias (MMA, 2002), na “Ordem 4”, segundo o qual a bacia do rio Capim apresenta oito sub-bacias (Figura 1), entre elas estão a do baixo Capim, médio Capim, alto Capim, Potirita, Cauaxi, Ipixuna, Ararandeuá e Surubiju.

Para caracterização do uso e da cobertura da bacia do rio Capim, foram utilizados dados do Projeto TerraClass (INPE, 2017), referentes aos anos de 2004, 2008, 2010 e 2014, com escala de mapeamento de 1:100.000 (Almeida *et al.*, 2016) (Tabela 1). Esses dados estão disponíveis em órbitas-ponto, tendo por base o satélite Landsat 5 (sensor TM), no Sistema de Projeção Lat/Long e no Sistema Geodésico de Referência SAD 69.

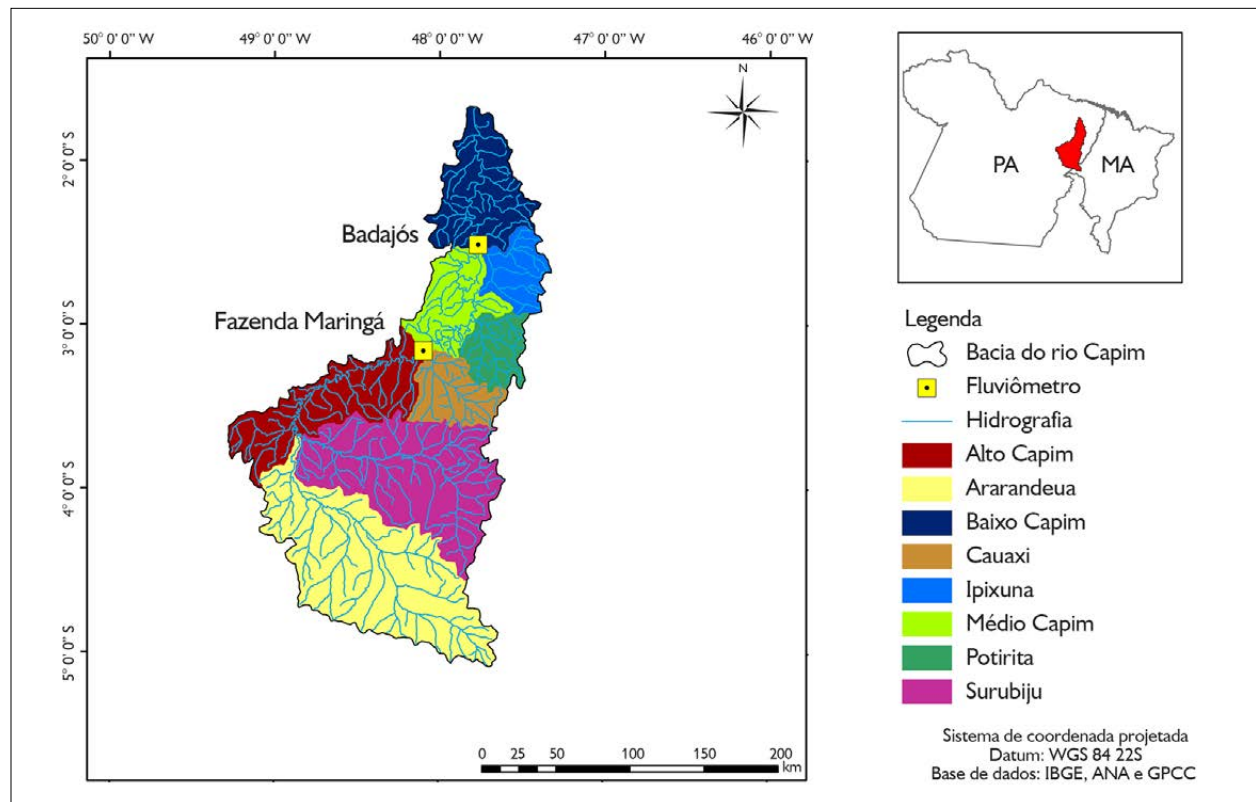


Figura 1. Localização da bacia do rio Capim no estado do Pará. Mapa elaborado pelos autores em 2019.

Tabela 1. Classes, descrição e reclassificação do TerraClass. Fonte: adaptado de TerraClass (2013).

Classes temáticas adotadas no TerraClass	Descrição	Classes temáticas utilizadas no estudo
Agricultura anual	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos	Agricultura
Mosaico de ocupações	Áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso e de cobertura da terra, não sendo possível discriminar os componentes da paisagem	Mosaico de ocupações
Área urbana	Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural	Mosaico de ocupações
Mineração	Áreas de extração mineral em clareiras abertas envolvendo desflorestamento	Mineração
Pasto limpo	Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio de vegetação herbácea	Pastagem
Pasto sujo	Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio de vegetação herbácea e com a presença de vegetação arbustiva esparsa, apresentando diferentes estágios de degradação	Pastagem
Regeneração com pasto	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa	Pastagem
Pasto com solo exposto	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam o solo exposto ou com baixíssima cobertura vegetal	Pastagem
Não floresta	Vegetação pertencente a diferentes fitofisionomias de vegetação não florestal	Pastagem
Vegetação secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação, encontravam-se em processo avançado de regeneração natural da vegetação arbustiva e arbórea nativa	Floresta
Reflorestamento	Áreas que, após o corte raso, foram reflorestadas com espécies exóticas ou nativas	Floresta
Floresta	Vegetação arbórea pouco alterada ou inalterada, com formação de dossel contínuo, composta por espécies nativas	Floresta
Desflorestamento	Áreas em que ocorreu supressão total da vegetação florestal ou corte raso	Desmatamento
Hidrografia	Classe referente às águas superficiais	Hidrografia
Área não observada	Áreas que não puderam ser identificadas em função da presença de nuvens e de suas sombras	Área não observada
Outros	Classe temática que reúne distintos objetos presentes na superfície, os quais não se enquadram nas demais classificações	Outros

Na delimitação da bacia do rio Capim, foi utilizado um arquivo em formato digital *shapefile*, obtido por meio da base cartográfica digital da Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados vetoriais provenientes do projeto TerraClass foram sistematizados e reprojeto para o Sistema de Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator – UTM WGS 84 Zona 22S, para a área de estudo. Para a bacia do Capim, utilizou-se os dados das órbitas/ponto 223/061, 223/062, 223/063, 222/062 e

222/063, do Pará, e as órbitas/ponto 223/063 e 222/063, do Maranhão.

Métricas de paisagem

Na análise dos indicadores ou de métricas de paisagem, foram utilizadas as imagens de uso da terra, geradas a partir dos dados do projeto TerraClass. A Tabela 2 ilustra as métricas adotadas para os usos e as coberturas de floresta, pastagem e agricultura.

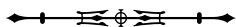


Tabela 2. Métricas de paisagem utilizadas para a bacia do rio Capim. Fonte: adaptado de Mcgarigal & Marks (1995).

Grupo	Métrica	Fórmula	Descrição	Intervalo
Área e densidade	Número de fragmentos (NP)	$NP = n_i$ $n = \text{número de fragmentos de classe}$ $i = \text{paisagem}$	O número de fragmentos mede a quantidade de manchas para cada tipo de classe	$NP \geq 1$ (adimensional)
	Índice de maior fragmento (LPI)	$LPI = \frac{\max(a_{ij})^n}{A} (100)$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) do fragmento } ij$ $A = \text{área total da paisagem (m}^2\text{)}$	Porcentagem da área total recoberta pela maior mancha da classe	$0 < LPI \leq 100$ (%)
Borda	Total de bordas (TE)	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$ $e_{ik} = \text{comprimento total (m) de borda em paisagem envolvendo o tipo de classe } i; \text{ inclui limites de paisagem e segmentos de segundo plano envolvendo o tipo de fragmento } i$	Soma de todas as bordas da classe	$TE \geq 0$ (m)
	Densidade de bordas (ED)	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10.000)$ $e_{ik} = \text{comprimento total (m) de borda em paisagem envolvendo o tipo de classe } i; \text{ inclui limites de paisagem e segmentos de segundo plano envolvendo o tipo de fragmento } i$ $A = \text{área total da paisagem (m}^2\text{)}$	Soma de todas as bordas da classe dividida pela área total em hectares	$ED \geq 0$ (m.ha ⁻¹)
Agregação	Índice de intercalação e justaposição (IJI)	$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{m} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} (100)$ $e_{ik} = \text{comprimento total da borda na paisagem entre tipos de classes } i \text{ e } k$ $m = \text{número de classes presentes na paisagem, incluindo a borda da paisagem}$	É a intercalação observada sobre a máxima intercalação possível para um dado número de tipos de classes	$0 < IJI \leq 100$ (%)
	Índice de agregação (AI)	$AI = \left[\frac{g_i}{\max \rightarrow g_i} \right] (100)$ $g_i = \text{número de adjacências semelhantes (juntas) entre pixels de tipo de classes}$ $i = \text{método de contagem única}$ $\max \rightarrow g_i = \text{número máximo de adjacências semelhantes (juntas) entre pixels de tipo de classe}$	Mede o grau de agregação de determinada classe, baseando-se na porcentagem de adjacências idênticas em relação ao total de adjacências	$0 \leq AI \leq 100$ (%)



Foi utilizado o programa FRAGSTATS 4.2.1, o qual quantifica, por meio de índices espaciais estatísticos, os fragmentos que compõem determinada matriz; as classes referentes a cada uso e cobertura; e o mosaico (elementos estruturais com características múltiplas e distintas) que compõe a paisagem como um todo (Rezende *et al.*, 2010; Vidolin *et al.*, 2011). Para isso, as imagens tiveram de ser convertidas para o formato *raster*.

De acordo com os estudos realizados por Lin *et al.* (2007) e Zhang *et al.* (2013), as métricas associadas a número de fragmentos, índice de maior fragmento, total de bordas, densidade de bordas, índice de intercalação e justaposição e índice de agregação são as mais importantes para caracterizar a relação entre as mudanças na paisagem e os processos hidrológicos em bacias. No estudo, estas métricas foram utilizadas para o nível de classe dos usos e das coberturas da terra. Para as métricas de borda, adotou-se uma borda de 100 metros (Cabacinha *et al.*, 2010; Pirovani *et al.*, 2014).

Caracterização fluviométrica

Para a análise da vazão anual, em relação ao trimestre de maior vazão e ao de menor vazão, foi realizado o levantamento dos dados sobre séries históricas, a partir de consultas às estações fluviométricas mantidas pela Agência Nacional de Águas. Foram obtidos os dados mensais para as duas estações fluviométricas estudadas acerca da bacia do rio Capim, na fazenda Maringá e Badajós, para os anos de 1983 a 2014.

A estação fazenda Maringá abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi e alto Capim. Já a estação Badajós abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi, alto Capim, médio Capim, Potiritá e Ipixuna (Figura 1). A única sub-bacia da bacia do rio Capim que não foi abrangida pelos fluviômetros foi a do baixo Capim.

Utilizou-se a curva-chave para realizar o preenchimento de falhas de vazão mensais do rio Capim nas duas estações, fazenda Maringá e Badajós, por intermédio do *software* Hidro 1.2 da ANA. Para isso, foram utilizados 43 valores da curva de descarga para ambas estações, correspondentes à relação cota-vazão em uma determinada seção do rio.

Na construção da curva-chave, foi obtido o coeficiente de correlação $R^2 = 0,99$ para a fazenda Maringá e $R^2 = 0,98$ para Badajós. Os dados de resumo de descarga são do ano de 1983 a 2014 para ambas estações. Como esse método não foi suficiente para o preenchimento total das falhas mensais, utilizou-se o método linear, o qual consiste em se obter a média das vazões do mesmo mês na série histórica de 1983 a 2014, que não altera a estatística da série (Souza *et al.*, 2017).

Em relação ao uso e à cobertura da bacia do rio Capim, realizou-se duas divisões: a primeira é referente à estação fluviométrica Badajós (EF Badajós), que abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi, alto Capim, médio Capim, Potiritá e Ipixuna; a segunda é a estação fluviométrica fazenda Maringá (EF Maringá), correspondente às sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi e alto Capim.

No que tange aos municípios, ambas sub-divisões abrangem Ipixuna do Pará, Paragominas, Ulianópolis, Goianésia do Pará, Dom Eliseu, Rondon do Pará, Açailândia, Cidelândia e Vila dos Marítimos, porém, na região da EF Maringá, a área dos municípios Ipixuna do Pará e Paragominas é menor, com cerca de 6.400 km² no total.

Associação entre as métricas de paisagem e a vazão do rio Capim

Realizou-se correlações entre variáveis independentes (métricas de paisagem) com as variáveis dependentes (vazão média mensal, média do trimestre de maior vazão e média do trimestre de menor vazão), possibilitando uma visão global do relacionamento entre todos os determinantes, testando seu nível de significância a 5% ($p < 5\%$) de probabilidade.

Segundo Vasconcelos (2015), o valor de r sempre está entre -1 e $+1$, com $r = 0$ correspondendo à não associação linear. Valores de r menores do que 0 ($r < 0$) indicam uma associação negativa, ou seja, à medida que x cresce, y decresce (inversamente proporcionais). Porém, quando o valor de r for maior do que 0 ($r > 0$), temos uma correlação positiva e, à medida que x cresce, y também cresce (diretamente proporcionais).

Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo), mais forte será a associação entre as variáveis. Adotou-se os seguintes intervalos de grau de correlação (valores em módulo): abaixo de 0,05 = muito fraca; de 0,05 a 0,20 = fraca; de 0,20 a 0,30 = fraca a moderada; de 0,30 a 0,70 = moderada; de 0,70 a 0,80 = moderada a forte; de 0,80 a 0,95 = forte; acima de 0,95 = muito forte (Menezes *et al.*, 2014).

As correlações foram realizadas com base nas duas estações fluviométricas (fazenda Maringá e Badajós), para obter as vazões referentes aos anos 1983-2004, 1983-2008, 1983-2010 e 1983-2014. Esses anos de vazões foram correlacionados com os dados envolvendo as métricas de paisagem, referentes aos anos de 2004, 2008, 2010 e 2014.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DAS MÉTRICAS DA PAISAGEM PARA AS SUB-BACIAS

Visando identificar a paisagem das regiões EF Badajós e EF Maringá (Figura 2), foi realizado o mapeamento das regiões a partir dos dados do projeto TerraClass, para os anos de 2004, 2008, 2010 e 2014.

A partir do mapeamento do uso e da cobertura da terra, realizou-se as métricas de paisagem. Os resultados das análises em nível de classe de uso e de cobertura da terra para as métricas NP, LPI, TE, ED, IJI e AI para as regiões EF Badajós e EF Maringá estão presentes nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Segundo Fernandes *et al.* (2017), o aumento do número de fragmentos (NP) indica maior fragmentação da classe e menores valores correspondem à maior união ou à extinção de fragmentos dessa classe. A pastagem apresenta, entre as classes estudadas, os maiores valores de NP para as duas regiões no período estudado. Essa classe teve aumento de 433 fragmentos, em 2004, para 641, em 2014, na região da EF Badajós, e de 353, em 2004, para 554, em 2014, na região da EF Maringá, observando-se que o alto NP está associado ao aumento dessa classe na bacia, o qual pode ter

sido ocasionado pelo aumento do fomento governamental à pecuária nos anos estudados (Meirelles Filho, 2014).

No estudo realizado por Cabacinha *et al.* (2010), identificou-se aumento da área de agricultura para a região da bacia do rio Araguaia, o qual, porém, foi acompanhado de redução do NP. Segundo os autores, isso aconteceu em razão de as áreas de monocultura aumentarem e se conectarem mais devido ao forte aumento da produção de grãos, em especial da soja.

Para Carneiro, G. *et al.* (2011), a mata ciliar é um componente da paisagem muito importante, pois a sua conexão diminui o número de fragmentos, podendo ser responsável pela diminuição do NP, junto a um aumento da sua área. As áreas de proteção permanente (APP) das regiões da EF Badajós e da EF Maringá tiveram um incremento de floresta no período 2004-2014, o qual, no entanto, foi muito pequeno para afirmar que foi esse o motivo da diminuição do NP das duas regiões estudadas.

Em relação ao índice de maior fragmento (LPI), denominado de matriz, ocorreu redução constante da matriz florestal para as duas regiões estudadas: na EF Badajós, houve redução de 60,51 (2004) para 55,16 (2014); igualmente, na EF Maringá, registrou-se redução do maior fragmento de 61,42 (2004) para 56,07 (2014).

A classe floresta apresenta o maior percentual da área do maior fragmento (LPI). Isso significa que, nas regiões de estudo, essa classe está interconectada, formando uma grande mancha, composta por vegetação natural, que cobre mais de 60% da bacia.

Segundo Costa & Fleury (2015), quanto menor o tamanho do remanescente florestal, maior será a influência de fatores externos nesse fragmento, o que diminui a qualidade ambiental, considerando a biodiversidade; além disso, grandes fragmentos florestais podem conter diversos *habitats* presentes em uma região, diferentemente de fragmentos menores, que abrigam poucos *habitats*. De acordo com Laurance *et al.* (2011), o tamanho dos fragmentos é muito importante para a ecologia de paisagem, pois, quanto maior o fragmento, maior será a riqueza de espécies nessa região.

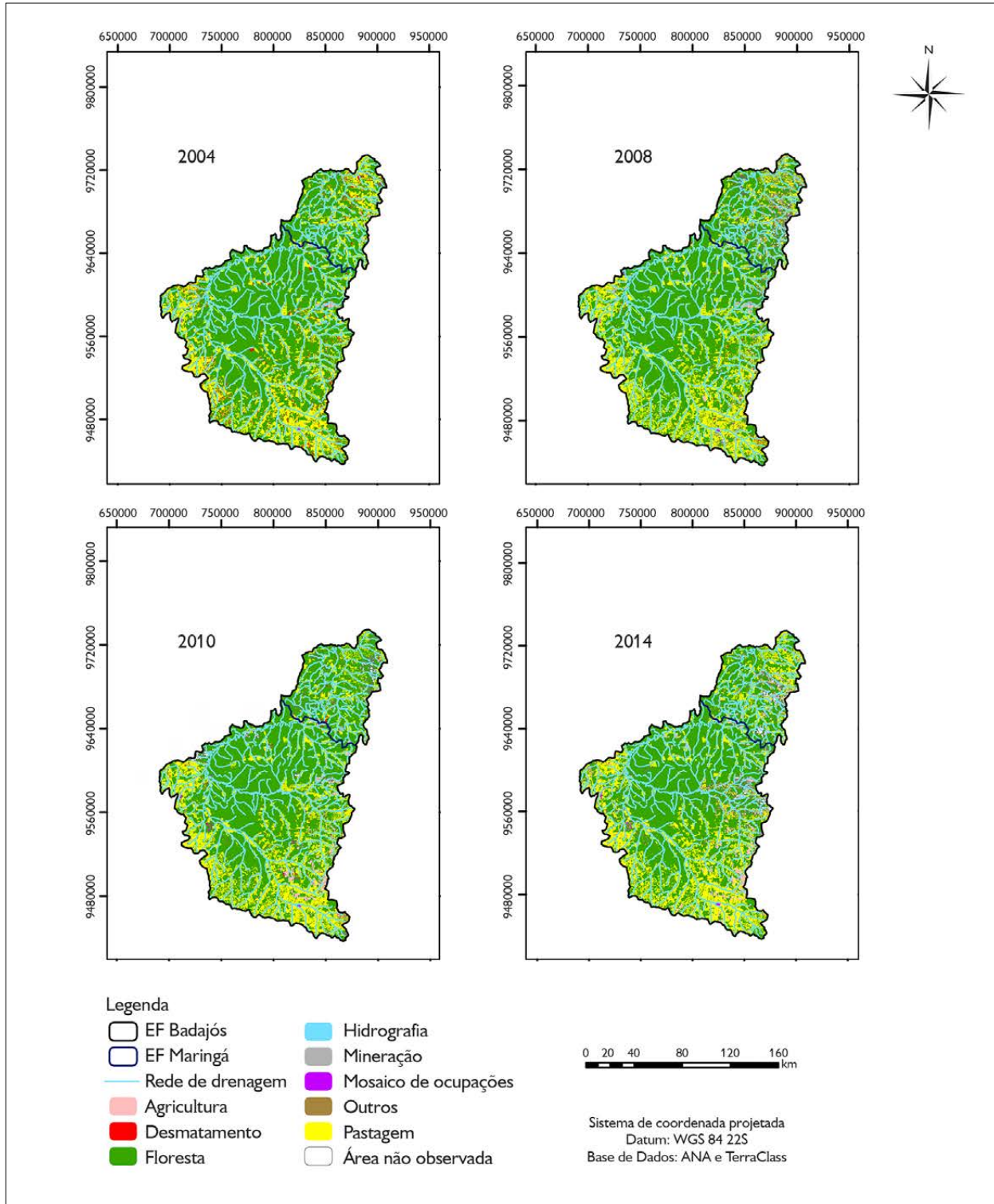


Figura 2. Uso e cobertura da terra na bacia do rio Capim até a estação Badajós e a fazenda Maringá. Mapa elaborado pelos autores em 2019.

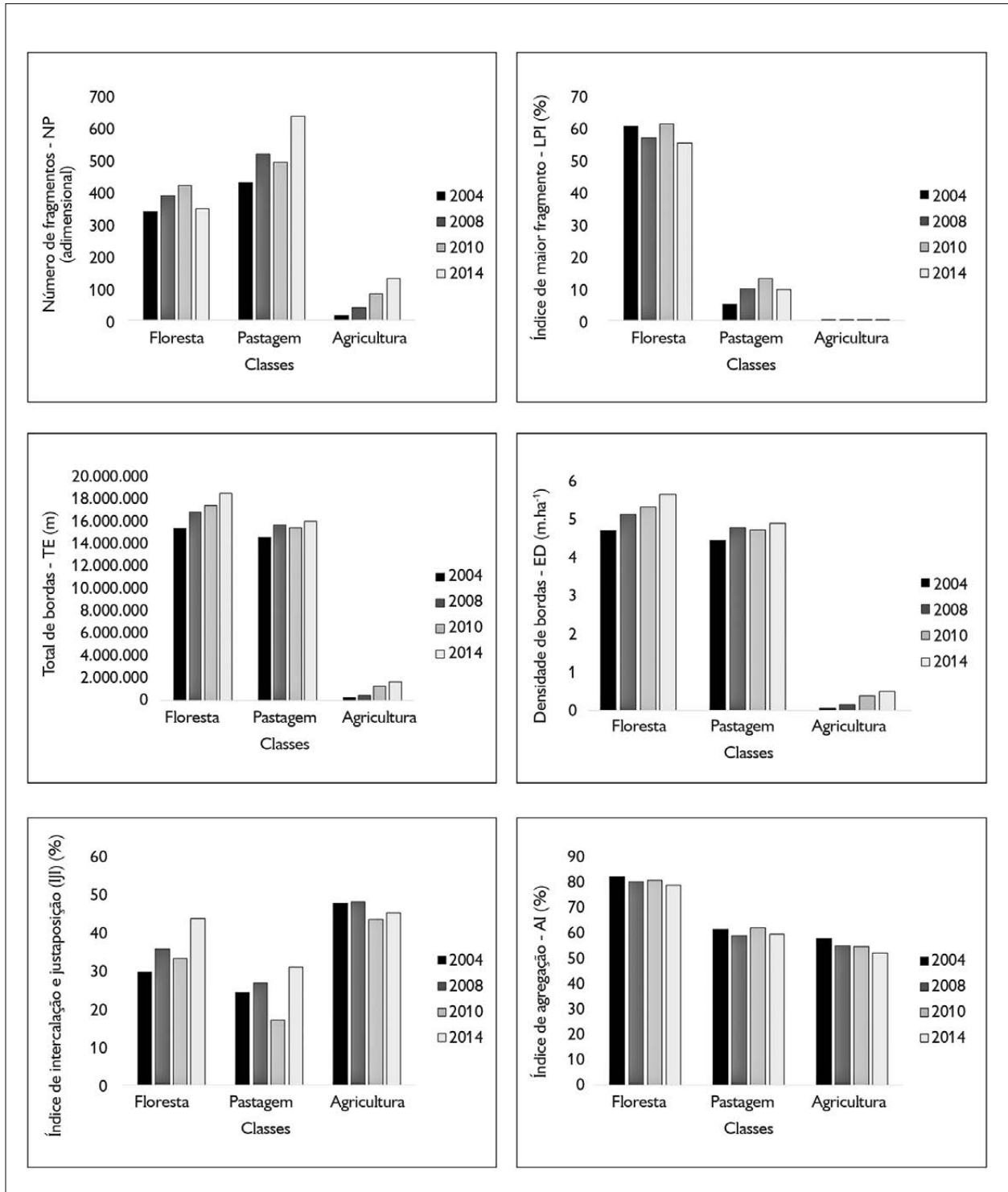


Figura 3. Métricas de paisagem para a região da EF Badajós: número de fragmentos (NP); índice de maior fragmento (LPI); total de bordas (TE); densidade de bordas (ED); índice de intercalação e justaposição (IJI); e índice de agregação (AI). Gráfico elaborado pelos autores em 2019.

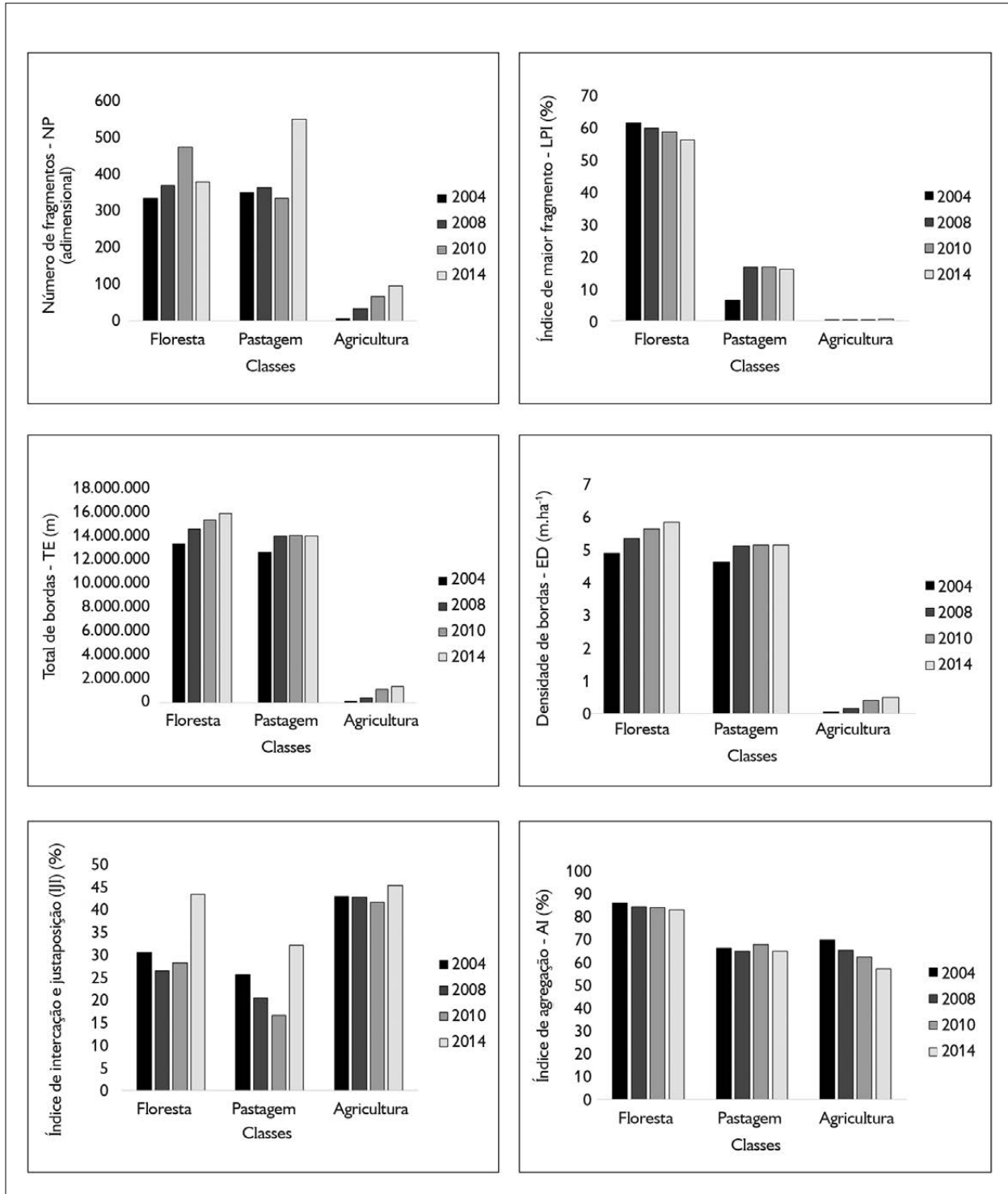


Figura 4. Métricas de paisagem para a região da EF Maringá: número de fragmentos (NP); índice de maior fragmento (LPI); total de bordas (TE); densidade de bordas (ED); índice de intercalação e justaposição (IJI); e índice de Agregação (AI). Gráfico elaborado pelos autores em 2019.



O segundo maior LPI nas regiões foi o da classe pastagem. Na região da EF Badajós, esse índice aumentou no período estudado de 4,88 (2004) para 9,58 (2014); já na região da EF Maringá, subiu de 6,38 (2004) para 15,97 (2014). A partir desses resultados, identifica-se que a matriz da pastagem pode ter aumentado no período pela conversão de áreas de floresta em pastagem, pois, à medida que o LPI da floresta diminuiu, o da pastagem aumentou, isso também ocorreu em decorrência do aumento da conexão dessa classe nas regiões. Essa conversão no uso também foi verificada por Sousa *et al.* (2017) para os municípios de Paragominas e de Ulianópolis.

A agricultura apresentou valores muito baixos de LPI, não superando o índice de 0,36 nas duas regiões. Essa matriz agrícola está localizada entre os municípios de Paragominas e Ulianópolis. Segundo Vasconcellos *et al.* (2016), a soja nessa região está se desenvolvendo devido às vantagens no escoamento da produção e pelos incentivos fiscais do governo do estado.

De acordo com Etto *et al.* (2013), as mudanças nos usos e nas coberturas da terra provocam a fragmentação dos remanescentes florestais, gerando ecossistemas fragilizados por fenômenos como o efeito de borda, ou seja, alterações localizadas nas áreas de contato entre a matriz antropizada e o remanescente florestal. A densidade de bordas apresenta o mesmo sentido do total de bordas, porém sendo visto em termos de porcentagem (Costa & Fleury, 2015). De acordo com Pirovani *et al.* (2014), essa diferença entre TE e ED é devida ao valor de área ocupada pela classe, sendo a densidade de bordas inversamente proporcional a essa área.

Em relação às áreas de estudo, identificaram-se os maiores valores de TE e ED para a floresta e a pastagem, ambas as classes apresentaram aumento contínuo da sua área de borda no período de 2004-2014. A classe floresta teve aumento constante de TE: para a região da EF Badajós, foi registrado: 15.607.239,90 (2004), 17.057.563,50 (2008), 17.683.400,11 (2010) e 18.746.970,75 (2014); na região da EF Maringá, também

ocorreu aumento: 13.132.651,52 (2004), 14.374.663,61 (2008), 15.138.629,63 (2010) e 15.672.649,44 (2014). Dessa forma, essa classe apresenta os maiores efeitos de borda entre as classes estudadas, considerando-se que apresenta os maiores valores de TE e ED.

Pereira, J. *et al.* (2001), ao analisarem a região leste do Pará, também observaram aumento da ED para as classes floresta e pastagem. Segundo os autores, isso ocorreu pelo aumento do NP das duas classes no período, o que ocasionou maior degradação desse ambiente pelos efeitos de borda. Siqueira *et al.* (2004) mencionam que a conversão de *habitats* contínuos para *habitats* remanescentes aumenta a TE da classe, ocasionando mudanças no microclima desses fragmentos impactados. Além de mudanças microclimáticas ocasionadas nesses fragmentos, tem-se alterações bióticas e abióticas, que ocorrem principalmente nas áreas de borda, as quais influenciam diretamente a estrutura da vegetação e a fauna regional (Schaadt & Vibrans, 2015).

Em relação à métrica TE para a classe pastagem, ocorreu aumento desses índices no período de 2004-2014 nas duas regiões, tendo evoluído de 14.766.931,20 (2004) para 16.227.802,61 (2014) na região da EF Badajós; já na região da EF Maringá evoluiu de 12.406.505,60 (2004) a 13.790.721,26 (2014). Possivelmente, esse aumento ocorreu pelo incremento de novas áreas de pastagem na região, principalmente nos municípios de Paragominas, Ulianópolis e Rondon do Pará. O aumento da classe pastagem na região foi ocasionado pelo incentivo governamental para a atividade da pecuária (Castelo & Almeida, 2015). No entanto, há registro da diminuição brusca do desmatamento a partir de 2004. Logo, o pasto está sendo implantado em áreas tidas como menos produtivas, pois os incentivos governamentais estão atrelados ao combate ao desmatamento na região (Meirelles Filho, 2014).

A agricultura também apresentou crescimento no índice de TE nas duas regiões, passando de 210.956,16 (2004) para 1.656.005,86 (2014), na região da EF Badajós, e de 155.818,81 (2004) para 1.361.523,60 (2014), na região

da EF Maringá. O incremento do fomento governamental – tanto por incentivos diretos, crédito rural, como pelos indiretos, como melhoria da infraestrutura para o escoamento da produção – influenciou diretamente no aumento da soja na região (Castelo & Almeida, 2015).

Em relação ao desmatamento nas regiões estudadas, identificou-se a geometria do tipo “espinha de peixe”, no município de Dom Eliseu, também identificada por Costa & Fleury (2015) para o município de Corumbiara, Rondônia. Esse tipo de desmatamento é ocasionado pela abertura de áreas próximas às rodovias, normalmente para mosaicos de ocupações ou pastagem, ocasionando a fragmentação florestal na área (Batistella *et al.*, 2000). Na região de estudo, ocorreu grande supressão vegetal para a criação dos assentamentos ortogonais (Carneiro, M. & Assis, 2015). Tal modificação na estrutura da paisagem ocasionou aumento do efeito de borda nas regiões de estudo, em razão da abertura de novas áreas.

Segundo Vidolin *et al.* (2011), o índice de intercalação e justaposição (IJI) identifica o grau de agregação dos fragmentos componentes das classes na paisagem considerando as suas adjacências. Segundo os autores, esse índice varia de 0 a 100, sendo que os valores próximos a 0 indicam que o fragmento tem menos contato com outro de sua classe, já os próximos a 100 indicam maiores adjacências entre os fragmentos da mesma classe.

O IJI foi avaliado nas classes floresta, pastagem e agricultura. A classe que apresentou os maiores índices dessa métrica no período estudado para as duas regiões foi a agricultura: na região da EF Badajós, apresentou valores entre 44,56 e 49,25, já na EF Maringá, obteve-se valores entre 41,66 e 45,5. Na bacia do rio Capim, a principal cultura inserida na região é a soja, tendo os municípios de Paragominas e Ulianópolis como os seus principais produtores (Sousa *et al.*, 2017). Em contraste a essa classe, tem-se a pastagem, a qual apresenta os menores valores para a área de estudo, alcançando o seu maior valor em 2014 tanto para a região da EF Badajós (31,72) quanto para a região da EF Maringá (32,22).

A classe floresta teve aumento do IJI nas duas regiões estudadas: subiu de 30,36 (2004) para 44,70 (2014) na área da EF Badajós e de 30,52 (2004) para 43,51 (2014) na região da EF Maringá. Esses índices encontrados são considerados baixos para a classe floresta, indicando que, na paisagem, os fragmentos florestais estão mais concentrados (Cemin *et al.*, 2009).

Segundo Moraes *et al.* (2015), a diminuição constante do IJI é muito prejudicial para os fragmentos florestais, uma vez que ela diminui a conexão e a proximidade entre eles, prejudicando a flora e o fluxo da fauna. A diminuição desse índice afeta também os ‘trampolins ecológicos’, os quais servem de abrigo para os animais durante grandes deslocamentos. Quanto menor a distância entre os fragmentos, maior será a possibilidade de dispersão das espécies na região (Fernandes *et al.*, 2017).

Calegari *et al.* (2010) evidenciam que a formação de ilhas e dos corredores de vegetação unindo fragmentos é fundamental para o aumento da proximidade e da conectividade entre fragmentos. Por isso, deve ser realizada a restauração florestal, principalmente nas APP. De acordo com Pereira, B. *et al.* (2012), a maior parte dos fragmentos está localizada junto aos recursos hídricos e, por isso, eles são muito importantes para os corredores, pelo seu formato alongado, ao invés de formatos mais simples, os quais não são muito vantajosos para o fluxo gênico.

Para Vidolin *et al.* (2011), em relação ao índice de agregação (AI), é possível identificar como os fragmentos ou as classes estão agregados ou dispersos na paisagem, permitindo verificar o maior isolamento ou a agregação das classes. Esse índice varia de 0 a 100, sendo que os valores próximos a 0 indicam que os fragmentos da classe estão dispersos na paisagem, ou seja, há maior desagregação entre eles; já os valores próximos a 100 indicam alta agregação entre os fragmentos da classe. Logo, o AI aumenta à medida que os fragmentos da classe apresentam maior agregação.

Dessa forma, a partir da análise das classes, identifica-se que a classe floresta apresenta os maiores valores de AI para as duas regiões estudadas. Na região da EF Badajós,

os valores desse índice decresceram no período – 84,57 (2004), 82,36 (2008), 82,97 (2010) e 80,95 (2014) – ; esse processo também ocorreu na EF Maringá – 86,23 (2004), 84,53 (2008), 84,14 (2010) e 83,21 (2014).

As classes que possuem menor agregação de seus fragmentos são pastagem e agricultura, para ambas as regiões estudadas. Em relação à pastagem na região da EF Badajós, esse índice correspondeu a 63,06, em 2004, e 61,29, em 2014; já para a agricultura, esse índice foi menor, apresentando 59,41, em 2004, e 53,57, em 2014. Na região da EF Maringá, esses valores também diminuiram para ambas as classes: a pastagem sofreu redução de 66,32 (2004) para 65,17 (2014), já a classe agricultura reduziu de 70,08 (2004) para 57,43 (2014).

Logo, a partir da análise da classe floresta nesse período, a qual caracteriza a matriz, identifica-se que ela corresponde à classe que se encontra mais bem concentrada na paisagem nas duas regiões – EF Badajós (IJI = 30,36 a 44,70) e EF Maringá (IJI = 26,56 a 43,51) –, sendo também a classe mais agregada na paisagem nas duas regiões – EF Badajós (AI = 80,95 a 84,57) e EF Maringá (AI = 83,21 a 86,23).

A RELAÇÃO ENTRE AS MÉTRICAS DE PAISAGEM E A VAZÃO

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação de Pearson entre as três variáveis dependentes (vazão anual e médias dos trimestres de maior e menor vazão) e a variável independente (métricas de paisagem).

Tabela 3. Matriz de correlação entre as métricas de paisagem da bacia e a média anual e médias dos trimestres de maior e menor vazão. Legendas: * = valores significativos a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); NP = número de fragmentos; LPI = índice de maior fragmento; TE = total de bordas; ED = densidade de bordas; IJI = índice de intercalação e justaposição; AI = índice de agregação.

	Anual	Média do trimestre de maior vazão	Média do trimestre de menor vazão
Floresta NP	-0,14	-0,12	-0,14
Pastagem NP	0,61	0,61	0,62
Agricultura NP	0,24	0,26	0,25
Floresta LPI	-0,15	-0,16	-0,16
Pastagem LPI	-0,49	-0,47	-0,49
Agricultura LPI	-0,57	-0,56	-0,57
Floresta TE	0,82*	0,83*	0,82*
Pastagem TE	0,90*	0,91*	0,91*
Agricultura TE	0,17	0,19	0,18
Floresta ED	-0,29	-0,27	-0,28
Pastagem ED	-0,60	-0,58	-0,59
Agricultura ED	0,01	0,03	0,02
Floresta IJI	0,35	0,35	0,36
Pastagem IJI	0,13	0,12	0,14
Agricultura IJI	0,74*	0,74*	0,75*
Floresta AI	-0,63	-0,65	-0,64
Pastagem AI	-0,83*	-0,83*	-0,83*
Agricultura AI	-0,75*	-0,76*	-0,76*

De acordo com Lin *et al.* (2007), os processos hidrológicos são afetados principalmente pela desagregação da classe floresta. Assim, as manchas de floresta não fragmentadas podem reduzir o escoamento, fortalecendo processos hidrológicos, como infiltração e evaporação. As classes pastagem e floresta, que já haviam demonstrado forte correlação quando analisadas isoladamente na forma de métricas, tiveram resultados semelhantes para AI e TE, indicando uma relação com integridade e continuidade das manchas. Para Vidolin *et al.* (2011), o IJI tem os seus maiores valores quando o fragmento da classe está em contato com fragmentos de outras classes; já o AI apresenta seus maiores valores quando o fragmento se apresenta mais agregado a fragmentos da mesma classe.

Entre as classes estudadas, a pastagem foi a que melhor representou a variabilidade entre a métrica e a vazão. Em relação ao índice TE, pode-se observar que, com o seu aumento, as vazões também tendem a aumentar. Diferentemente do que ocorre com a métrica AI, pois, a partir do seu aumento, ocorre uma redução das vazões estudadas. No estudo realizado por Zhang *et al.* (2013), também se identificou forte relação entre os índices de paisagem da classe pastagem e o escoamento. Dessa maneira, pode-se verificar que a fragmentação possui papel fundamental na alteração hídrica da bacia, indicando que a fragmentação da cobertura florestal da bacia e a ampliação das áreas destinadas a pastagens têm obtido reflexo no comportamento da vazão.

Segundo Bianchi *et al.* (2011), eventos extremos de vazão são fortemente relacionados à conservação da paisagem, levando-se em conta a sua conectividade e o tamanho na região, bem como a proteção do solo, por meio da manutenção da vegetação nativa; além disso, a conservação da paisagem contribui para manutenção na vazão em períodos com baixo nível de precipitação.

CONCLUSÃO

Diante das análises de quantificação e de configuração espacial realizadas para a bacia do rio Capim, identificou-se

aumento da fragmentação florestal, possivelmente associado ao desmatamento e à implementação de outros usos e coberturas na região. Observou-se que a conversão da floresta em fragmentos pequenos e desconexos vem ocasionando diversas mudanças no meio ambiente ao longo da bacia.

A partir da análise das métricas de paisagem relacionadas com o escoamento, foi possível identificar que os índices de total de bordas (TE) e de agregação (AI) são os que melhor se associam às mudanças no regime de vazão da bacia hidrográfica. Dessa maneira, pôde-se verificar que a fragmentação das classes possui papel fundamental na alteração hídrica da bacia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A., A. C. COUTINHO, J. C. D. M. ESQUERDO, M. ADAMI, A. VENTURIERI, C. G. DINIZ, N. DESSAY, L. DURIEUX & A. R. GOMES, 2016. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica* 46(3): 291-302. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201505504>.

ARAÚJO, R. C. & M. X. PONTE, 2016. Efeitos do desmatamento em larga-escala na hidrologia da bacia do Uraim, Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9(7): 2390-2404. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160171>.

BATISTELLA, M., E. S. BRONDIZIO & E. F. MORAN, 2000. Comparative analysis of landscape fragmentation in Rondônia, Brazilian Amazon. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 33: 148-155.

BIANCHI, S., E. RICHERT, H. HEILMEIER, M. MERTA & C. SEIDLER, 2011. Landscape metrics as a tool for evaluating scenarios for flood prevention and nature conservation. *Landscape Online* 25: 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.3097/LO.201125>.

CABACINHA, C. D., S. S. CASTRO & D. A. GONÇALVES, 2010. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do rio Araguaia na savana brasileira. *Revista Floresta* 40(4): 675-690. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v40i4.20318>.

CALEGARI, L., S. V. MARTINS, J. M. GLERIANI, E. SILVA & L. C. BUSATO, 2010. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandá, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore* 34(5): 871-880. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>.

CARNEIRO, G. T., C. D. CABACINHA, K. M. S. FARIA, M. N. SIQUEIRA & J. C. S. LIMA, 2011. Cobertura florestal do município de Rio Verde, GO: estrutura e composição da paisagem entre 2005 e 2008. *Geografia* 36(2): 335-357.

- CARNEIRO, M. S. & W. S. ASSIS, 2015. O controle do desmatamento na Amazônia como um processo de modernização ecológica: a experiência do projeto Município Verde. **Revista Pós Ciências Sociais** 12(24): 53-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2236-9473.v12n24p53-76>.
- CASTELO, T. B. & O. T. ALMEIDA, 2015. Desmatamento e uso da terra no Pará. **Revista de Política Agrícola** 24(1): 99-111.
- CEMIN, G., E. PERICO & C. REMPEL, 2009. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore** 33(4): 705-711. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000400013>.
- COSTA, J. M. & M. F. FLEURY, 2015. O programa "Municípios Verdes": estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses. **Ambiente & Sociedade** 18(2): 61-76.
- DIAS, L. C. P., M. N. MACEDO, M. H. COSTA, M. T. COE & C. NEILL, 2015. Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies** 4(Part B): 108-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.05.010>.
- ETTO, T. L., R. M. LONGO, D. R. ARRUDA & R. INVENIONI, 2013. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas-SP. **Revista Árvore** 37(6): 1063-1071. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000600008>.
- FERNANDES, M., M. FERNANDES, A. ALMEIDA, M. I. S. GONZAGA & F. GONÇALVES, 2017. Ecologia da paisagem de uma bacia hidrográfica dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. **Floresta e Ambiente** 24: e00025015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.025015>.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2017. **Projeto TerraClass**. INPE, Belém. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php. Acesso em: 10 janeiro 2017.
- JESUS, E. N., R. A. FERREIRA, A. G. ARAGÃO, T. I. S. SANTOS & S. L. ROCHA, 2015. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore** 39(3): 467-474. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>.
- KUHN, C., 2005. **Uma análise sistêmica das transformações de uso como suporte à decisão para o planejamento de unidades de conservação**: 1-166. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LAURANCE, W. F. & T. J. CURRAN, 2008. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: a review and synthesis. **Austral Ecology** 33(4): 399-408. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01895.x>.
- LAURANCE, W. F., J. L. C. CAMARGO, R. C. C. LUIZÃO, S. G. LAURANCE, S. L. PIMM, E. M. BRUNA, P. C. STOUFFER, G. B. WILLIAMSON, J. BENÍTEZ-MALVIDO, H. L. VASCONCELOS, K. S. VAN HOUTAND, C. E. ZARTMAN, S. A. BOYLE, R. K. DIDHAM, A. ANDRADE & T. E. LOVEJOY, 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological Conservation** 144(1): 56-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>.
- LIMA, A. M. M. & M. X. PONTE, 2012. Dinâmica da paisagem da bacia do rio Capim-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física** 5(1): 127-142.
- LIN, Y. P., N. M. HONG, P. J. WU, C. F. WU & P. H. VERBURG, 2007. Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. **Landscape and Urban Planning** 80(1-2): 111-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.06.007>.
- MCGARIGAL, K. & B. J. MARKS, 1995. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure: 1-122. Pacific Northwest Research Station, Portland.
- MEIRELLES FILHO, J. C. S., 2014. É possível superar a herança da ditadura brasileira (1964-1985) e controlar o desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a pecuária bovina prosseguir como principal vetor de desmatamento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** 9(1): 219-241. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-81222014000100014>.
- MENEZES, J. P. C., A. P. A. BERTOSSI, A. R. SANTOS & M. A. NEVES, 2014. Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 19(2): 173-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000200008>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 2002. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n. 30/2002. **Diário Oficial da União**, 19 março 2003.
- MORAES, M. C. P., K. MELLO & R. H. TOPPA, 2015. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. **Revista Árvore** 39(1): 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100001>.
- MORTATTI, J., M. J. BORTOLETTO JUNIOR, L. C. E. MILDE & J. L. PROBST, 2014. Hidrologia dos rios Tietê e Piracicaba: séries temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência & Tecnologia** 12(23): 55-67.
- PEREIRA, B. W., S. A. JESUIN, M. N. MACIEL, F. A. OLIVEIRA & L. G. C. CREÃO, 2012. Fragmentação da vegetação arbórea na bacia hidrográfica do Rio Apeú, Nordeste do Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias** 55(4): 297-305.
- PEREIRA, J. L. G., G. T. BATISTA, M. C. THALÊS, D. A. ROBERTS & A. VENTURIERI, 2001. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia** 26(1): 59-90.

- PIROVANI, D. B., A. G. SILVA, A. R. SANTOS, R. A. CECÍLIO, J. M. GLERIANI & S. V. MARTINS, 2014. Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore** 38(2): 271-281. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000200007>.
- REZENDE, R. A., J. F. PRADO FILHO, F. G. SOBREIRA & T. F. SANTOS, 2010. Dinâmica da cobertura do solo no extremo sul da serra do espinhaço: métricas da paisagem e a conectividade entre áreas protegidas. **Geografia** 35(3): 683-699.
- SANTOS, P. V. C. J., A. C. L. CASTRO, J. M. M. REBÊLO, V. L. FRANÇA & L. S. SOARES, 2017. Tendência pluviométrica em bacia hidrográfica amazônica: impactos potenciais sobre comunidades de peixes. **Revista Espacios** 38(29): 1-17.
- SCHAADT, S. S. & A. C. VIBRANS, 2015. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. **Floresta e Ambiente** 22(4): 437-445. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.062813>.
- SILVA, C. N., C. A. L. BORDALO & E. V. SILVA, 2016. **Planejamento, conflitos e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas: experiências e ações**. GAPTA/UFGA, Belém.
- SIQUEIRA, L. P., M. B. MATOS, D. M. S. MATOS, R. C. Q. PORTELA, M. I. G. BRAZ & L. S. LIMA, 2004. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small atlantic rain forest fragments, south-eastern Brazil. **Ecotropica** 10: 59-64.
- SOUZA, L. M., M. ADAMI, A. M. M. LIMA & W. F. RAMOS, 2017. Avaliação do uso e cobertura da terra em Paragominas e Ulianópolis-PA, utilizando dados do projeto TerraClass. **Revista Brasileira de Cartografia** 69(3) 421-431.
- SOUZA, N. S., W. J. SOUZA & J. M. S. CARDOSO, 2017. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 22(3): 453-462. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017155279>.
- TERRACLASS, 2013. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal**: TerraClass 2008. EMBRAPA/INPE, Brasília/Belém.
- VASCONCELOS, P.G. A., 2015. **Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília.
- VASCONCELLOS, R. C., N. E. S. BELTRÃO & A. N. PONTES, 2016. Estimativa da pegada de carbono no setor de soja no município de Paragominas, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais** 7(1): 142-149. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2016.001.0012>.
- VIDOLIN, G. P., D. BIONDI & A. WANDEMBRUCK, 2011. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore** 35(3): 515-525. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300014>.
- ZHANG, G., S. GUHATHAKURTA, G. DAI, L. WU & L. YAN, 2013. The control of land-use patterns for stormwater management at multiple spatial scales. **Environmental Management** 51(3): 555-570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-012-0004-6>.