

Caracterização e análise dos fragmentos florestais e uso do solo no município de Colares, nordeste do Pará, Brasil

Characterization and analysis of forest fragments and land use in the municipality of Colares, northeastern Pará, Brazil

Thaís Gleice Martins Braga^I, Gabriel Máximo da Silva^{II}, Madson Oliveira Lima^{II}, Andréa Laize Pureza Silva^{II}, Merilene do Socorro Silva Costa^{II}, Paula Fernanda Viegas Pinheiro^{II}, Oberdan Oliveira Ferreira^{II}

^IMuseu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

^{II}Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Objetivou-se analisar a cobertura vegetal e o uso do solo do município de Colares, Pará, além de caracterizar e analisar os fragmentos florestais presentes nesta paisagem. A análise proposta foi realizada por meio de produtos e de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, visando conhecer a estrutura da paisagem, de modo a oferecer subsídios ao planejamento de sua ocupação territorial. Utilizaram-se imagens digitais do sensor *Operational Land Imager* (OLI)/Landsat 8, órbita/ponto 223/061, bandas 4, 5 e 6, processadas e classificadas através do algoritmo de máxima verossimilhança. As análises relacionadas à configuração da paisagem e dos fragmentos de vegetação natural foram realizadas com métricas de classe, por meio do *software* ArcGis, módulo *Patch Analysis*. As técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento permitiram caracterizar e analisar os elementos que compõem a paisagem de Colares, definindo-a por um mosaico de cobertura vegetal e uso do solo, evidenciada por grande exploração dos recursos naturais, onde a vegetação arbórea encontra-se bastante fragmentada, identificada pela presença de diversos fragmentos pequenos, demonstrando o forte impacto de atividades antrópicas na área. Os resultados mostraram a presença de fragmentos mais preservados, importantes para a conservação da biodiversidade e que cumprem papel fundamental na manutenção da estabilidade da biodiversidade local.

Palavras-chave: Cobertura vegetal. Uso do solo. Métricas de classe.

Abstract: This study aimed to analyze the vegetation coverage and land use, as well as the characterization and analysis of forest fragments in Colares municipality in Pará state, Brazil, through products and techniques of remote sensing and improving knowledge of landscape structure, in order to offer subsidies to the planning of territorial occupation. Digital images were used from the Operational Land Imager (OLI)/Landsat 8, orbit/point 223/061, bands 4, 5 and 6, which were processed and classified using the maximum likelihood algorithm. The analyzes related to the configuration of the landscape and natural vegetation fragments were performed using metric classes, using ArcGis software, on Patch Analysis module. The use of remote sensing and geoprocessing allowed us to characterize and analyze the elements that compose the landscape of Colares, showing a mosaic of vegetation cover and land use, high forest fragmentation, identified by the presence of a large number of small fragments, demonstrating the strong impact of human activity in the area. The results also showed the presence of some intact forest fragments, which are important for biodiversity conservation, fulfilling an important role in maintaining local biodiversity.

Keywords: Vegetation coverage. Land use. Metric classes.

BRAGA, T. G. M., G. M. SILVA, M. O. LIMA, A. L. P. SILVA, M. S. S. COSTA, P. F. V. PINHEIRO & O. O. FERREIRA, 2018. Caracterização e análise dos fragmentos florestais e uso do solo no município de Colares, nordeste do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 13(3): 383-407.

Autora para correspondência: Thaís Gleice Martins Braga. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-530 (thaisbraga.ambiental@gmail.com).

Recebido em 29/06/2017

Aprovado em 15/04/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

A região amazônica apresenta ampla diversidade ambiental em diversos aspectos, tais como clima, vegetação, ecossistema, solo, geomorfologia, topografia, além da maior biodiversidade vegetal e animal do planeta, sendo, por isso, categorizada pela literatura com uma área de intensa variabilidade climática e mudança no uso e na cobertura vegetal (Marengo *et al.*, 2009).

Existem fatores precisos que originam o processo de mudança da paisagem nesta região, como a expansão das fronteiras agrícolas, ocorrida ao longo de toda história econômica brasileira, assim como a modernização tecnológica dos processos de produção no âmbito da agropecuária, da agricultura e da pecuária. Neste bojo, está também o processo de desmatamento ilegal para o setor madeireiro, que sucessivamente promove o surgimento de pasto e de vegetação secundária. Todos estes fatores promovem a substituição da vegetação nativa, impactando diretamente na conservação da biodiversidade, nos solos e nas águas, provocando, ainda, mudanças climáticas.

De acordo com Valente & Vettorazzi (2002), as ações antrópicas que promovem o desenvolvimento desenfreado, o processo de urbanização, o aumento de atividades produtivas nas áreas rurais e a intensificação do uso do solo são os maiores problemas ambientais que geram o processo de aceleração da mudança da paisagem nesta região, produzindo, assim, fragmentação vegetal das áreas que ainda aportam florestas ombrófilas densas. Esta fragmentação florestal – resultante do processo de substituição da cobertura vegetal nativa por áreas de uso antrópico – é a principal causa de perda da biodiversidade, uma vez que contribui para a extinção de espécies (Laurance *et al.*, 2001).

Logo, o maior problema ambiental que tem sido avaliado e estudado por autores que buscam solucionar os danos à biodiversidade da região da Amazônia Legal são as mudanças desenfreadas e desassistidas da cobertura vegetal, bem como o uso do solo da Amazônia brasileira.

Segundo Pimentel (2014), isso se deve ao acelerado processo de desenvolvimento da região para promover o avanço na produção, na economia, no processo de ocupação e de territorialização, que tem gerado grandes mudanças nas últimas décadas, incluindo os possíveis impactos ambientais e socioeconômicos, os quais vêm nos alarmando quanto à sustentabilidade do bioma amazônico e à conservação de sua biodiversidade, fundamental para o correto funcionamento dos ciclos hidro e biogeoquímicos, no que concerne aos níveis local e o global do meio ambiente e da sociedade.

Nesse contexto, a ecologia da paisagem utiliza-se de vários índices e métricas para a caracterização quantitativa, podendo, assim, comparar paisagens ou identificar onde elas se diferenciam. Pode também determinar as relações entre os muitos processos funcionais e os padrões dessas paisagens, uma vez que tais parâmetros possibilitam a quantificação de sua composição e de sua configuração (Turner & Gardner, 1990).

O processo de conservação da biodiversidade faunística e de preservação da cobertura vegetal nativa de áreas ainda intocáveis dessa região é, deste modo, de grande necessidade para a manutenção do bioma e para o provimento da recuperação de áreas degradadas, oriundas do processo de mudanças da paisagem. Sem as unidades de conservação e de proteção, sejam elas integrais ou de uso sustentável, não haverá a proteção de fatores ambientais primordiais, como em relação à física e à mecânica do solo, à continuidade da temperatura superficial e do ar, à manutenção da microbiologia do solo – responsável pelo processo de fertilização e pela qualidade do solo através da eficiência da microbiota nele presente –, ao relevo, à biodiversidade, ao clima, aos mananciais e aos lençóis freáticos (Mascarenhas *et al.*, 2009).

Para realizar o processo de análises e de avaliações de tal problemática ambiental, tem sido feito uso de geotecnologia, como das ferramentas de análises espaciais de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, topografia e cartografia aplicada, para promover a criação de um sistema de informações geográficas (SIG) capaz de

quantificar e de qualificar danos e impactos ambientais na região da Amazônia oriental e ocidental (Lorena, 2001). Conforme Valente & Vettorazzi (2002, p. 117), "os sistemas de informações geográficas têm-se destacado pela sua grande capacidade de interação e de análise dos diferentes planos de informação que caracterizam as paisagens".

A mudança da paisagem pode ser parcialmente justificada pelo modelo histórico de ocupação desordenada da Amazônia, através da abertura de estradas e de políticas de integração (Cunha & Almeida, 2002). É necessário entender o processo e o surgimento do desmatamento ao longo do tempo, levando-se em consideração o processo de ocupação da Amazônia e de toda a história que a rege. Para tanto, o uso de imagens de satélites possibilita análises temporais, bem como o monitoramento do processo de uso da cobertura vegetal e da mudança da paisagem, analisando qualitativamente e quantitativamente a distribuição do uso do solo e a forma de ocupação dele, oferecendo possibilidade de compreensão do processo de dispersão populacional e da dinâmica do crescimento demográfico, por meio da observação do uso antrópico das áreas.

Dessa forma, Fearnside (2006) afirma que os principais impactos, entre todos os já citados, a liderarem este processo de uso da vegetação e de mudança da paisagem são os relacionados à produção e às atividades econômicas desenvolvidas por meio do uso do manejo florestal ou, ainda, pelo extrativismo de recursos naturais não madeireiros, os quais promovem a perda da biodiversidade florestal e reduzem a possibilidade de fazer uso sustentável desses recursos madeireiros.

Logo, o uso das ferramentas metodológicas pautadas na geotecnologia é primordial, contribuindo significativamente para os estudos dos problemas ambientais não somente na Amazônia, mas em todo o meio ambiente, permitindo atuar no planejamento regional e no combate a distúrbios ecológicos da paisagem ocorridos ao longo do tempo (Watrín *et al.*, 2007), sendo possível seu uso também no âmbito da modelagem ambiental de bacias hidrográficas, pois auxiliam tanto na busca de conhecimento

sobre os padrões e os processos ecológicos, quanto no apoio a ações de manejo e de gestão.

Assim, este trabalho tem por objetivo analisar a cobertura vegetal e o uso do solo, bem como caracterizar e analisar os fragmentos florestais presentes na paisagem do município de Colares, no estado do Pará, por meio de produtos e de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, visando o conhecimento da estrutura da paisagem, de modo a oferecer subsídios ao planejamento de sua ocupação territorial.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município de Colares está localizado na mesorregião do nordeste paraense, apresentando as seguintes coordenadas geográficas da sede municipal: 00° 55' 38" de latitude Sul e 48° 17' 04" de longitude a Oeste de Greenwich.

Os limites territoriais deste município estão assim configurados: a norte com a baía de Marajó, a leste com o município de Vigia, a sul com Santo Antônio do Tauá e a oeste com a baía do Marajó, como pode ser observado na Figura 1, a qual não foi incluída no processo de análises ambientais neste trabalho, em razão de haver interesse em enfatizar continentalmente a ilha de Colares.

A tipologia do solo predominante na região é de Latossolo Amarelo distrófico, com textura indiscriminada; Areias Quartzosas distróficas; Plintossolo distrófico, com textura indiscriminada; Gley Pouco Húmido; Solos Aluviais eutróficos e distróficos, com textura indiscriminada (IBGE, 2012).

Atualmente, o tipo predominante da cobertura vegetal do município é de florestas secundárias, consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi o cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto.

Com isso, praticamente pouco restou da floresta primitiva, que é do subtipo floresta densa. No âmbito das características geológicas, insere-se na unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado do Baixo Amazonas (IDESP, 2014).

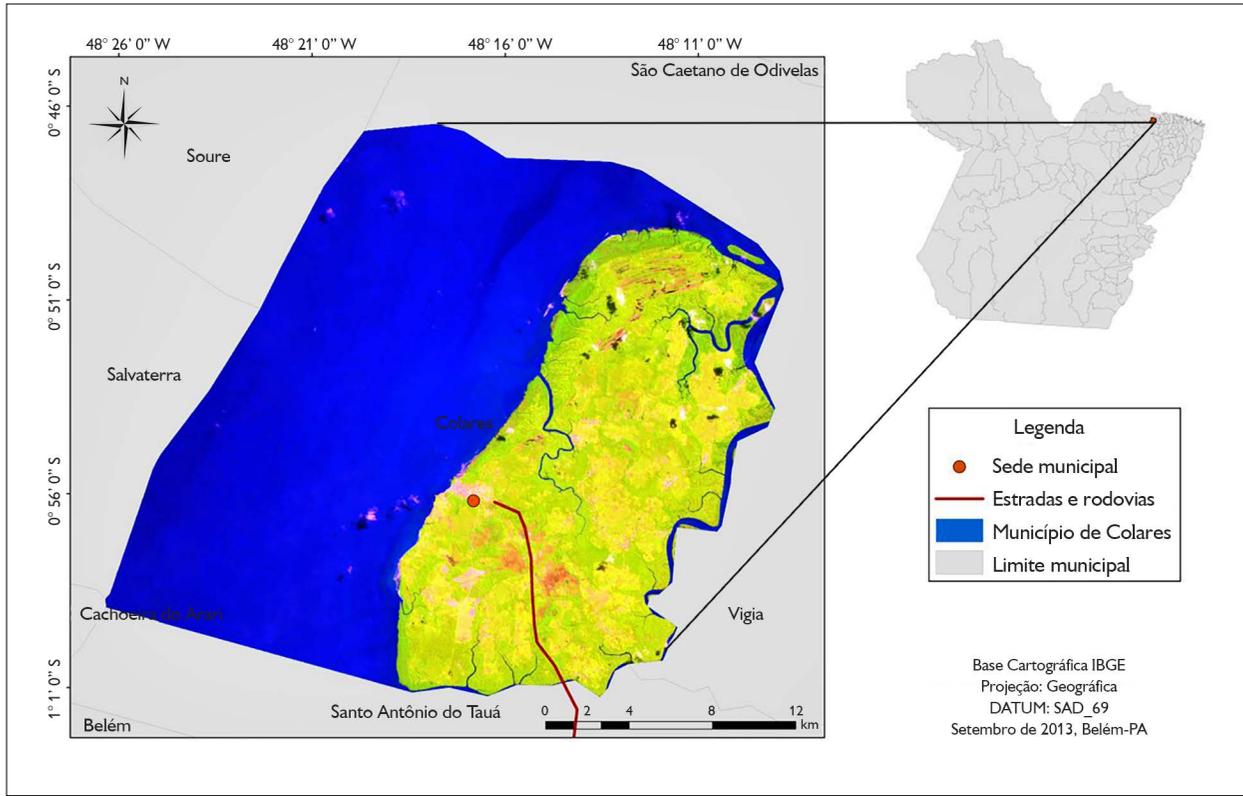


Figura 1. Mapa referente à localização do município de Colares, estado do Pará, Brasil. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2013).

No que concerne às precipitações, os seis primeiros meses do ano apresentam cifras elevadas, sobrepujando a marca dos 2.500 mm. Nos primeiros seis meses, também é acentuada a disponibilidade hídrica, enquanto os demais meses revelam carência de água no solo, principalmente setembro (IDESP, 2014).

COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS

Utilizou-se, para suporte cartográfico, a base planialtimétrica compilada a partir do uso de dados digitais fornecidos pelo IBGE, na escala de 1:100.000, contendo, entre outros elementos, a rede de drenagem e a malha viária existente da área de estudo, metodologia de coleta de dados validada por Pereira (2012).

Para o levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo, foi empregada imagem orbital, obtida pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI), a bordo do satélite

Landsat-8. A imagem selecionada refere-se à órbita/ponto 223/061, bandas TM 6, 5 e 4, do ano de 2013, adquirida a partir da página eletrônica da USGS (s. d.), com as seguintes características: projeção *Geographic Coordinate System* (GCS), datum *World Geographic System 1984* (WGS 84), com resolução espacial de 30 m.

Para subsidiar a criação do banco de dados do referido estudo, foram empregados *softwares* propícios à geração do sistema de informações geográficas e ao processamento digital de imagens, tais como *Environment for Visualizing Images* (ENVI) 5.1 (ENVI, s. d.) e *ArcGis 10.2* (ESRI, s. d.) – este voltado para a análise da estrutura da paisagem e para a elaboração dos mapas –, além do uso do *Global Positioning System* (GPS) *Trackmaker Free V.13.0*, visando à aquisição de pontos de controle, para sucessivamente efetuar a plotagem das informações cartográficas referentes à localização

geográfica de cada classe *in loco*. Foi feita incursão em campo, com o objetivo de correlacionar as diversas feições espectrais presentes nas imagens Landsat-8, com padrões de cobertura vegetal e de uso do solo observados *in loco*.

A delimitação da área do município de Colares foi efetuada utilizando-se o arquivo digital em formato *shapefile*, da base digital do IBGE (2013).

A imagem georreferenciada do ano de 2014 foi submetida ao processo de classificação, supervisionado pelo algoritmo de máxima verossimilhança. Tal análise teve apoio do trabalho de campo realizado em aproximadamente 15 dias no período mais chuvoso do ano de 2014, permitindo, assim, correlacionar as feições espectrais presentes nas imagens com os padrões de cobertura vegetal e de uso do solo observados no campo.

As análises relacionadas à configuração da paisagem e dos fragmentos de vegetação natural do período em estudo, entre os anos de 2004 e 2014,

foram realizadas por meio do *software* ArcGis, módulo *Patch Analysis*. Pereira (2012) utilizou tal ferramenta para executar a análise espacial dos padrões referente às variáveis utilizadas, a fim de compreender a conservação da biodiversidade e o manejo florestal, haja vista que calcula os índices de inúmeras métricas em nível de mancha (*patch*), classe (*class*) e paisagem (*landscape*), sendo possível analisar quantitativamente e qualitativamente a distribuição da composição e/ou a configuração da paisagem, assim como visualizar de que maneira afetam significativamente os processos ecológicos, de forma direta e indireta, em observância à conservação da biodiversidade.

As métricas referentes aos fragmentos de vegetação arbórea geradas no presente estudo foram as seguintes: número, área total ocupada, tamanho médio, total de bordas, tamanho médio das bordas, dimensão fractal média, área de interior (*core*) e número de áreas de interior (número de *core*) (Tabela 1).

Tabela 1. Métricas de classe utilizadas na análise dos fragmentos da vegetação arbórea do município de Colares, estado do Pará. Fonte: Pereira *et al.* (2015).

Área total	Soma das áreas de todos os elementos que compõem a vegetação arbórea correspondente à área de estudo
Número de fragmentos	Soma do número total de fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo
Tamanho médio dos fragmentos	Soma do número total de fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo dividida pela área da mesma
Comprimento total de borda	Soma dos perímetros de todos os fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo
Tamanho médio de borda	Soma dos perímetros de todos os fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo dividida pelo número de fragmentos
Dimensão fractal média	Mede a complexidade da forma dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo. Varia de 1 (para manchas com formas mais simples e regulares) a 2 (para manchas com formas mais complexas)
Área de interior (<i>core</i>)	Soma de todas as áreas de interior dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo. Considerou-se 100 m de profundidade de borda, devido ao modelo agropecuário local, caracterizado pelo uso abusivo de herbicidas e pastoreio na borda dos remanescentes de vegetação arbórea
Número de áreas de interior (número de <i>core</i>)	Equivale ao número de áreas de interior disjuntas contidas dentro do limite dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE COLARES

É possível avaliar, por meio da Figura 2 e da Tabela 2, as classes de cobertura vegetal e de uso do solo presentes no município de Colares, bem como suas respectivas áreas de abrangência no período em estudo. É possível observar que a área ocupada pela classe de vegetação arbórea (representada neste estudo pela floresta ombrófila densa e pela vegetação sucessional em

estágios avançados) foi de 12.532,68 ha, consolidando cerca de 20% de toda paisagem (Tabela 2), presente predominantemente ao longo dos rios, caracterizando-se como áreas de preservação permanente.

A associação de sucessão secundária x culturas anuais x pastagem foi a segunda classe de maior predomínio na paisagem, ocupando, aproximadamente, 15% (9.033,30 ha) da área do município. Esta classe configura o tipo de agricultura praticado na região, uma vez que, segundo Denich (1991), o sistema de produção da pequena agricultura constitui-se, essencialmente,

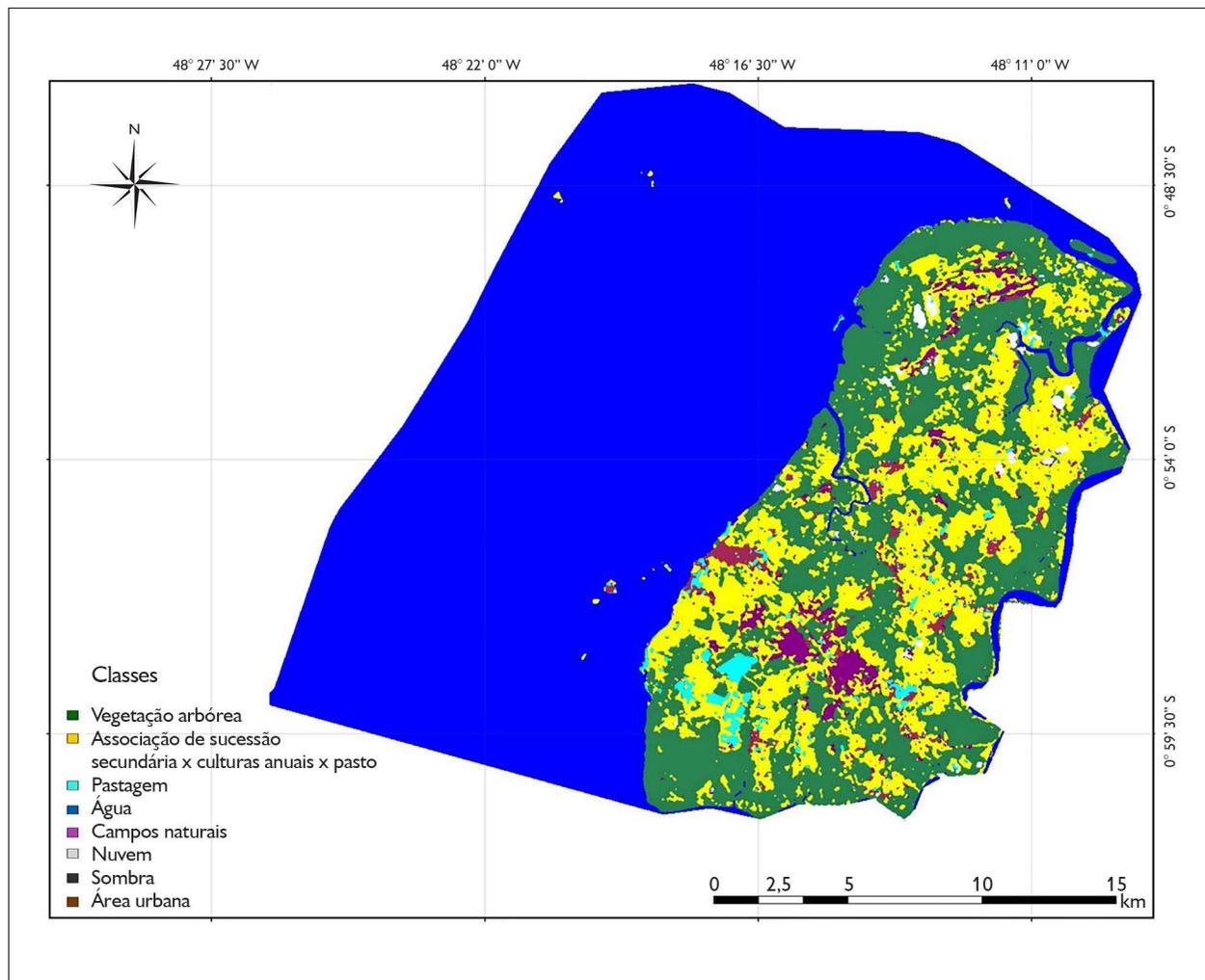


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal e de uso do solo do município de Colares, estado do Pará, Brasil. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).

Tabela 2. Área e percentual ocupados pelas classes de cobertura vegetal e de uso do solo do município de Colares, estado do Pará, Brasil. Os dados da área são apresentados em ha e o % é referente à classificação realizada em 2015, correlacionando estas informações com o que evidencia a Figura 2.

Classes	Área	
	ha	%
Vegetação arbórea	12.432,68	20,53
Associação de sucessão secundária x culturas anuais x pastagem	9.033,30	14
Pastagem	7.211,70	11,91
Campos naturais	878,49	1,45
Área urbana/solo exposto	834,93	1,38
Água	37.171,80	51,00
Nuvem	84,06	0,12
Sombra	13,80	0,02
Total	67.660,76	100

de dois subsistemas consecutivos: a fase de cultivo com culturas alimentares de interesse econômico e a vegetação secundária como fase de pousio, sendo representada tradicionalmente pela agricultura de pequeno e médio portes.

Segundo Nahum & Malcher (2012) e Cardoso *et al.* (2014), a agricultura praticada no nordeste paraense ainda apresenta o sistema de subsistência como base predominante, o qual se engloba em um nível de evolução econômica incipiente, que envolve, entre seus principais produtos, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), o milho (*Zea mays* L.), o dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) e a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). Assim, para tais autores, a vegetação secundária desempenha, nos regimes de pequena exploração agrícola, a função de acumular na fitomassa os nutrientes a serem liberados por meio da queima, para permitir a fase de cultivo subsequente, além de ser importante no controle das ervas daninhas instaladas durante a fase anterior de cultivo.

A classe isolada de pastagem representou 12% da paisagem do município, localizado no nordeste paraense,

caracterizando uma área de 7.211,70 ha, demonstrando a afinidade da região com a pecuária. Este quantitativo evidencia a generalização de uso do solo desta região para fins de pastagens, o que pode ser amplamente observado por meio de outros estudos, tais como os de Sarmiento *et al.* (2010), de Torres *et al.* (2014) e de Ruschel *et al.* (2016).

Observa-se que a presença desta classe de pastagem é predominante, seja de forma única seja consorciada com outras formas de geração de renda, como os sistemas agroflorestais, no entanto a pastagem ainda é dominante.

Observa-se que metade da área do município é composta pela classe água, identificando-se também a presença de campos naturais abrangendo 1,45% do município (aproximadamente 880 ha), os quais encontram-se dispostos em padrão de faixas de áreas inundadas, que, segundo Pires (1995), constituem excelentes corredores ecológicos em uma paisagem.

A classe área urbana constitui uma área correspondente a 834,93 ha, ou seja, o equivalente 1,38% da paisagem, caracterizada pela sede municipal e por vilarejos. Ela está diretamente relacionada com áreas sem presença de vegetação, tendo a característica do solo exposto, com regiões correlacionadas com o sistema produtivo. É importante ressaltar que o solo exposto corresponde às práticas de produção das culturas anuais, permeadas pelas etapas de implantação, de colheita ou de pós-colheita, sendo detectadas frequências espectrais ínfimas no momento da captura da imagem de cobertura vegetal em relação ao solo.

Por meio da dinâmica de mudança de uso do solo, é possível observar, que há alteração considerável no uso da terra no município de Colares entre os anos de 2004 e 2014. A Tabela 3 mostra os dados obtidos através do Projeto TerraClass (INPE & EMBRAPA, s. d.), que demonstram a perda de área nas classes de floresta, pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto. Também é observado significativo ganho de área para as classes de vegetação secundária (1256,55 ha), área não observada, área urbana e mosaico de ocupações (Figuras 3 e 4).

Tabela 3. Ganho e perda de área (ha) no município de Colares, estado do Pará, Brasil, em relação às classes de uso do solo entre os anos de 2004 e 2014.

Classes	Área (ha)			
	2004	2014	Ganho	Perda
Área não observada	2.119,69	3.725,17	1.605,48	0,00
Área urbana	123,19	476,15	352,97	0,00
Floresta	1.4137,38	13.386,77	0,00	750,61
Mosaico de ocupações	990,35	1.151,85	161,50	0,00
Não floresta	1.525,84	1.525,84	0,00	0,00
Pasto limpo	911,57	210,75	0,00	700,82
Pasto sujo	458,83	224,75	0,00	234,08
Regeneração com pasto	1.788,52	396,12	0,00	1.392,40
Vegetação secundária	1.543,13	2.799,68	1.256,55	0,00

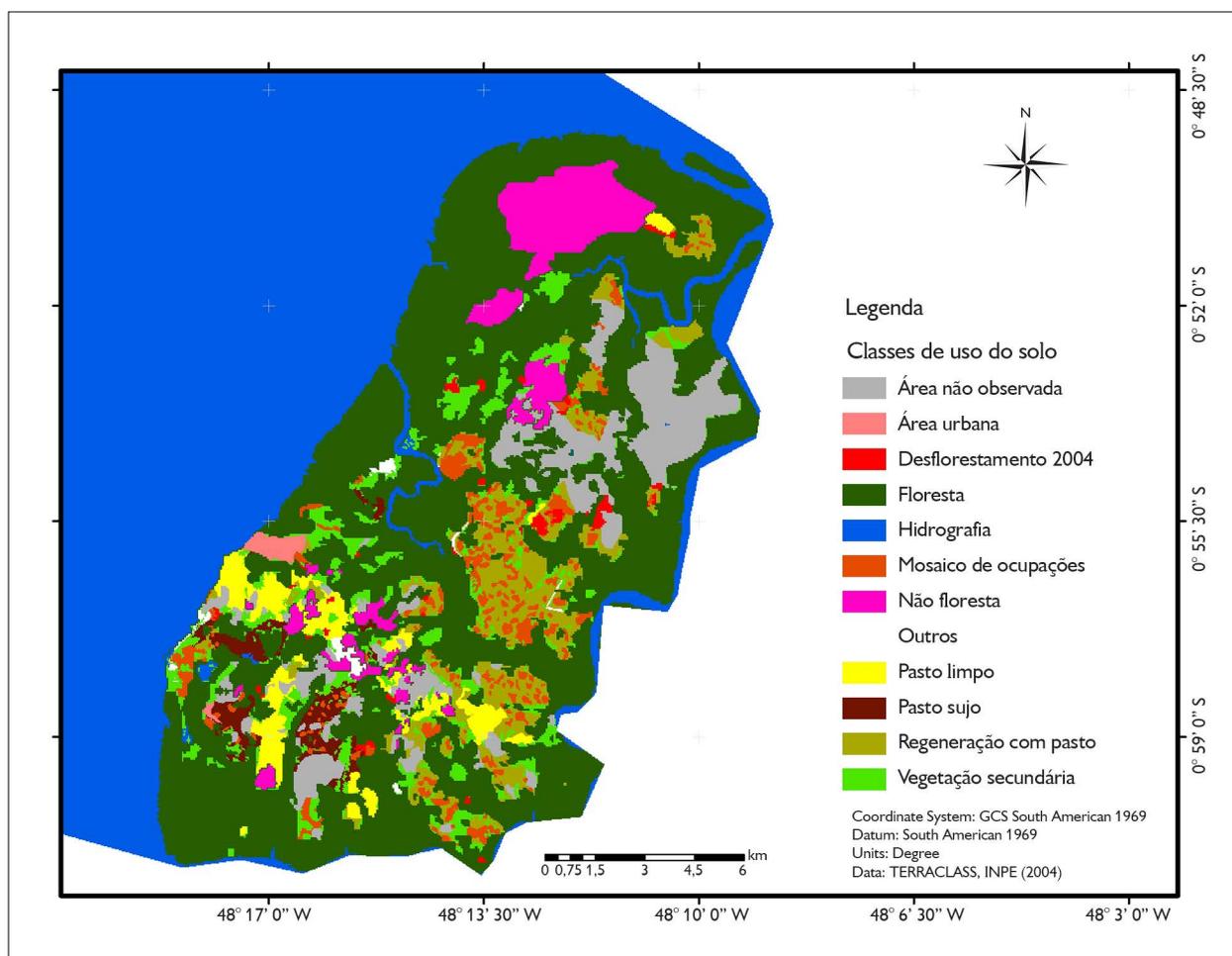


Figura 3. Classes de uso do solo no município de Colares em 2004. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2017).

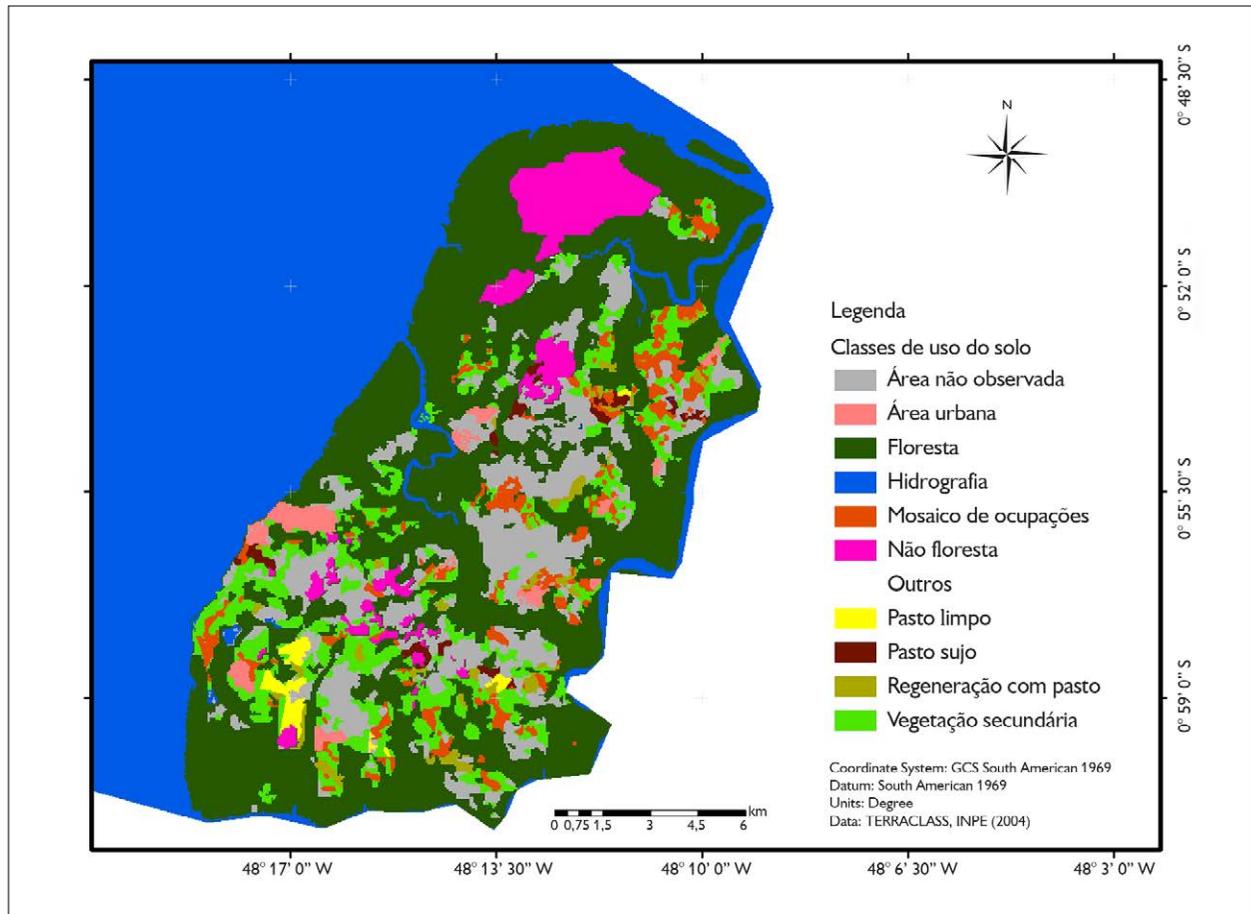


Figura 4. Classes de uso do solo no município de Colares em 2014. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2017).

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO ARBÓREA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE COLARES

A caracterização e a análise da vegetação arbórea da paisagem foram feitas por meio de métricas da paisagem, as quais quantificam a composição e/ou a configuração da paisagem, que afetam de forma significativa os processos ecológicos, tanto independente quanto simultaneamente. As métricas referentes à vegetação arbórea do município de Colares podem ser verificadas na Tabela 4.

Por meio da Tabela 4 e da Figura 5, observa-se que a paisagem do município de Colares é bastante fragmentada, sendo formada por 270 fragmentos de floresta, com tamanho médio de 46,93 ha.

Tabela 4. Valores das métricas dos fragmentos de vegetação arbórea do município de Colares, estado do Pará, Brasil.

Métricas	Valores
Área total (ha)	12.670,06
Número de fragmentos	270,70
Tamanho médio de fragmentos (ha)	46,93
Total de borda (m)	1.124.851,98
Tamanho médio de borda (m)	4.135,48
Dimensão fractal média	1,38
Área total de interior (ha)	3.289,77
Número de áreas de interior	190,00

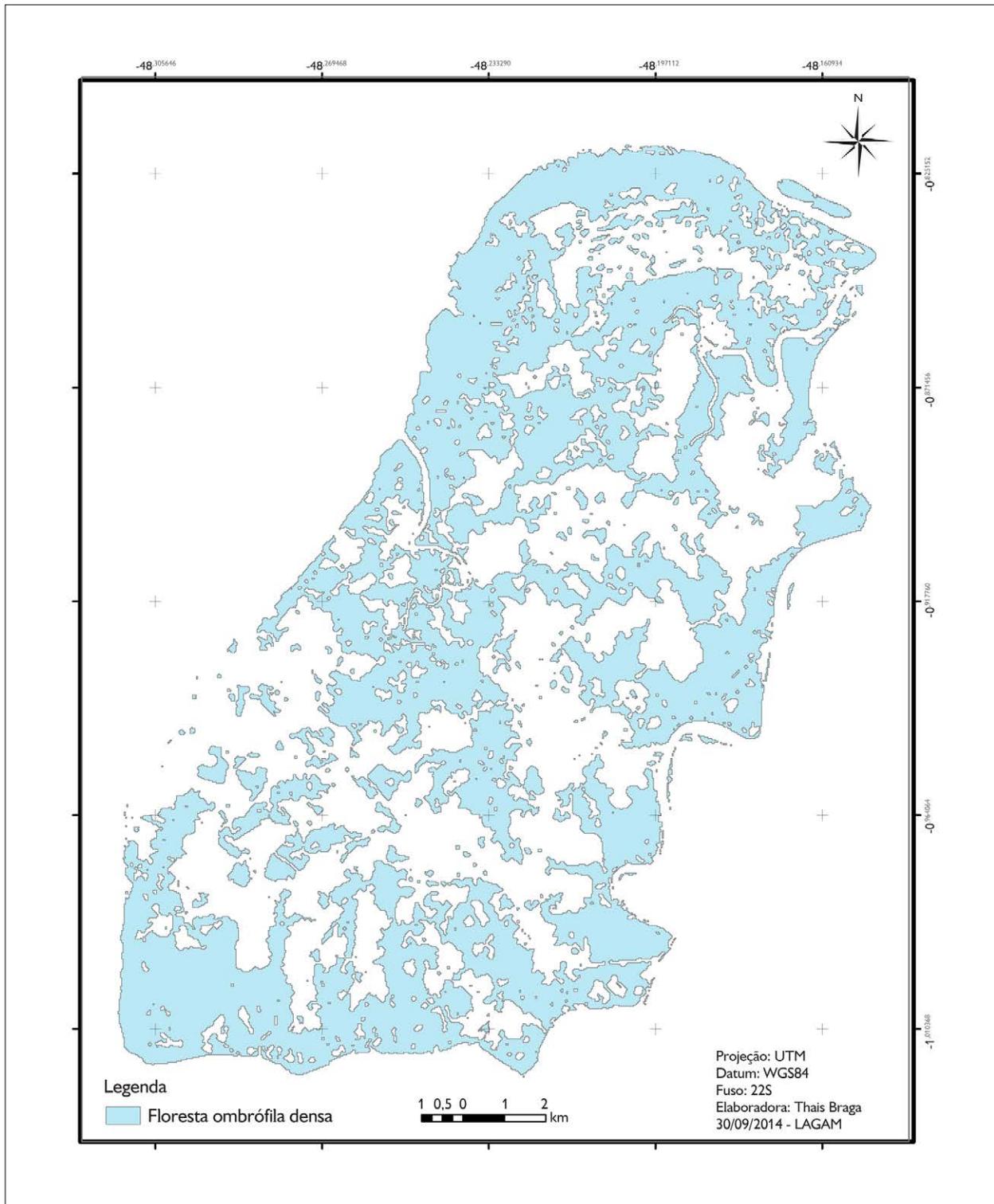


Figura 5. Fragmentos de vegetação arbórea do município de Colares. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).



Segundo Casimiro (2000), o número de manchas de um determinado *habitat* pode influenciar uma grande variedade de processos ecológicos, por exemplo, a determinação do número de subpopulações de uma população espacialmente dispersa pode alterar a estabilidade das interações e de oportunidades de coexistência em sistemas de predador-presa e em sistemas competitivos.

No entanto, é importante ressaltar que, quanto mais constante for a diversidade de classes, maior será a subdivisão de paisagem, provocando, dessa forma, grande quantidade de manchas com tamanho de áreas distintas, o que irá promover elevado índice de resistência às possíveis ações antrópicas e naturais a surgirem no ecossistema, tais como foco de calor, fogo acidental ou proposital, retirada pontual de vegetações com valor econômico significativo, presença de espécies invasoras etc. Logo, maior persistência das manchas no ecossistema será plausível quando houver maior número de manchas, em comparação ao momento em que elas estivessem em número diminuto.

Para Forman & Godron (1986), quanto maior for o tamanho dos fragmentos em uma determinada paisagem maior será o seu poder de resistência e de resiliência no meio ambiente. Em outras palavras, os fragmentos médios e grandes são de fundamental importância para a preservação e a conservação no âmbito da biodiversidade, bem como para os processos ambientais que regem o ecossistema; por outro lado, os fragmentos menores, também chamados de remanescentes, apresentam-se como pontos estratégicos para o processo de recuperação das áreas degradadas da paisagem, haja vista que são potenciais elementos de interligação (conexões ecológicas) entre outras áreas e fragmentos próximos.

Muitos autores (Viana & Pinheiro, 1998; Metzger, 2003; Laurance *et al.*, 2001) comprovaram que é diretamente proporcional a relação entre o tamanho dos fragmentos e a sua capacidade de preservar e de conservar a vida das populações faunísticas e florestais.

Laurance & Bierregaard Jr. (1997) e Laurance *et al.* (2001) afirmam que existe uma relação importante entre

o tamanho e o valor do fragmento para a conservação da biodiversidade, classificando como fragmentos com alto valor aqueles que apresentam medidas maiores do que 300 ha; fragmentos com valor mediano aqueles que apresentam entre 3 e 300 ha; e fragmentos com valor baixo, os que apresentam medidas menores do que 3 ha.

Assim sendo, baseando-se nesta classificação, pode-se dizer que, com média de tamanho de 46,58 ha, os fragmentos de vegetação arbórea observados neste trabalho apresentam valores medianos, sendo, portanto, relevantes para a conservação da biodiversidade presente no município de Colares.

As bordas dos fragmentos compreendem 1.124.851,98 m, o que enfatiza o elevado grau de fragmentação do município, pois quanto maior for o total de margens, maior é a fragmentação da paisagem. Assim sendo, a quantidade total de margens é um excelente indicador da configuração da paisagem.

A dimensão fractal média apresentada para tais fragmentos foi de 1,38, denotando que apresentam pouca complexidade em suas bordas, tendendo a evidenciar formas regulares (Pereira, 2012), o que demonstra a forte presença humana na paisagem do município.

Tão importante quanto a avaliação de seu tamanho, a análise da forma dos fragmentos florestais, em relação à diversidade e à sustentabilidade, revela a complexidade da estrutura espacial da mancha (Forman, 1997). É necessário realizar análise conjunta de parâmetros que regem as principais características de um fragmento florestal, visando obter amplo êxito e veracidade quanto à importância e à distribuição dele no ecossistema. Logo, é fundamental correlacionar outros aspectos desses fragmentos, como efeito de borda, dimensão fractal, área *core*, núcleo do fragmento, perímetro, diâmetro etc.

Para Turner & Ruscher (1988), a dimensão fractal é a maneira mais correta de quantificar o índice com forma de uma mancha. A análise da forma dos fragmentos florestais em relação às suas diversidade e sustentabilidade é tão importante quanto o seu tamanho, uma vez que revela a complexidade

da estrutura espacial da mancha (Forman & Godron, 1986). É necessário enfatizar que este tipo de análise não pode e não deve ser feito de maneira isolada, devendo-se considerar outros aspectos dos fragmentos, entre os quais o efeito de borda.

Nesse sentido, para efetuar a análise do efeito de borda, considerou-se uma margem de 100 m para a borda. Assim sendo, os resultados mostram área total de interior dos fragmentos de 3.289,77 ha, o que representou apenas 26% da área de fragmentos. Pode-se afirmar que 74% da área dos fragmentos de vegetação natural que compõe o município são constituídos por ambiente de borda, o que evidencia a presença de fragmentos pequenos e/ou alongados, tornando a paisagem prejudicada quanto à qualidade do *habitat*, o qual fica mais exposto aos efeitos de borda. Este efeito é um dos mais importantes causados pela fragmentação de *habitats* (Pereira, 2012).

As áreas de interior dos fragmentos apresentam valor de 3.289,77 há, o que, segundo Metzger & Décamps (1997), não é suficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural, pois o mínimo necessário para isso seria uma área de aproximadamente 25.000 ha. O estabelecimento de uma estrutura interna está, portanto, relacionado a uma área mínima capaz de manter as espécies características do tipo de formação florestal a que o fragmento pertence.

A área *core* que corresponde à região central de um fragmento, ou seja, o núcleo, é, para McGarigal & Marks (1995), um dos mais recomendados indicadores ambientais da qualidade e da eficiência dos fragmentos quando relacionados a uma análise pontual somente da área total, sendo esta impactada diretamente pela forma e pelo efeito de borda. Dessa maneira, um fragmento tem a capacidade de manter algumas espécies, porém não irá compor área *core* significativa para sustentá-la em caso de interferências externas, além de não poder manter a integridade de sua estrutura natural (Turner & Gardner, 1990).

No entanto, fragmentos sem área nuclear ou com pequena área não devem ser desconsiderados em uma paisagem, uma vez que desempenham papel importante

na conservação de sua estrutura florestal, funcionando como corredores de fluxo biológico e realizando, ainda, a conexão entre fragmentos florestais.

Embora o processo de fragmentação possa ocorrer naturalmente, em função da ação do tempo acrescida dos intemperismos, a ação antrópica, neste caso, vem sendo decisiva no sentido de acelerar e de desestabilizar o fluxo natural das transformações nos ecossistemas locais.

ANÁLISE DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO ARBÓREA POR CLASSE DE TAMANHO

Compreender como e por que os tamanhos dos fragmentos interferem e influenciam na conservação da biodiversidade é fundamental para que sucessivamente seja possível planejar o processo de recuperação de áreas degradadas de uma determinada região. Por isso, serão discutidos minuciosamente, de forma qualitativa e quantitativa, as classes encontradas no referido estudo no que tange aos fragmentos de vegetação arbórea na paisagem, visando promover a conservação da biodiversidade (Viana & Pinheiro, 1998). Assim, objetivando atender à grande diversidade de tamanhos dos fragmentos da vegetação arbórea da paisagem, fez-se uma subdivisão por classes de tamanhos, conforme mostra a Figura 6.

Fragmentos menores do que 50 ha

A paisagem do município de Colares é constituída por 262 fragmentos florestais com área menor do que 50 ha (Tabela 5). Segundo Pereira (2012), é comum a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais em paisagens muito antropizadas, como a observada na microrregião do nordeste do Pará. Nesse sentido, um dos maiores agravantes deste padrão está relacionado ao aumento do efeito de borda, pois, quanto maior a presença de áreas florestadas em fragmentos pequenos, maior também será o efeito de borda (Rodrigues, 1993).

Na Figura 7, é possível verificar a distribuição espacial dos fragmentos menores do que 50 hectares presentes no município de Colares. É importante ressaltar que

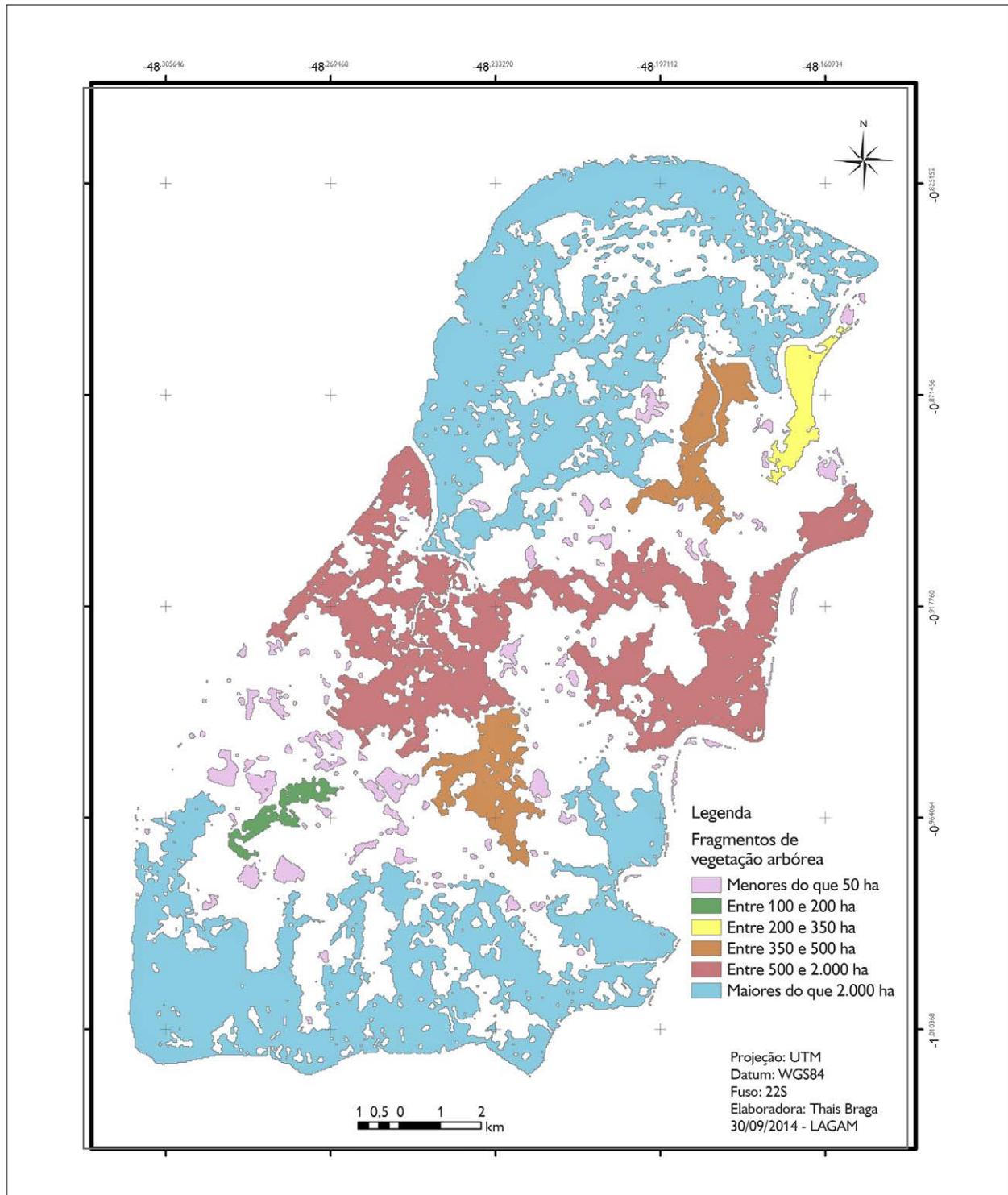


Figura 6. Distribuição espacial dos fragmentos de vegetação arbórea no município de Colares, estado do Pará, Brasil. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).

aproximadamente 52% dos fragmentos desta classe apresentam áreas menores do que 1 ha, não sendo um bom indicativo para a sustentação e a manutenção de muitas espécies de fauna. Ainda assim, tais fragmentos são de fundamental importância para o processo de conservação da biodiversidade local, por serem os canais de conexão entre os fragmentos médios e grandes. Segundo Metzger & Décamps (1997), os fragmentos que apresentam área com tamanho igual ou maior a 0,72 ha assumem a função da ligação florestal, pois são utilizados pela fauna como meio de locomoção e, principalmente, promovem o processo de chuvas e de dispersão de sementes ao longo da paisagem.

Na Tabela 5, é possível verificar a dimensão fractal encontrada em torno de 1,39. Este valor mostra que os fragmentos desta classe possuem uma forma próxima da regular, o que teoricamente seria bom, caso sua área não fosse tão reduzida. Diante disso, ressalta-se, ainda, que quanto mais distante da forma perfeita o fragmento estiver, maior será a viabilidade de efeito de borda ao longo da paisagem, o que interfere diretamente na conservação da biodiversidade da ecologia da paisagem.

Com relação às classes florestais, sabe-se que há predominância de espécies vegetais do tipo pioneiras, as quais apresentam pequena longevidade, tendo cobertura mais espessa, devido à grande disponibilidade de luz incidente na borda e à elevada competição vegetal (Rayne *et al.*, 1981). No entanto, quanto maior a área, maior será a biodiversidade de espécies no que concerne a pequenas áreas (Ravan & Roy, 1995).

Nesse sentido, a biodiversidade animal mantém-se com mais qualidade e quantidade no ecossistema quando está contida em um fragmento que apresenta capacidade de transição entre dois *habitats*, uma vez que eles irão desenvolver e promover a disseminação e a troca dos recursos ecológicos, haja vista a existência de um trânsito mais intenso de espécies, em comparação com *habitats* isolados, sem possibilidade de conexão (Kienast, 1993).

Segundo Pereira *et al.* (2012, p. 301):

Verifica-se que, embora a área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe ser de 665,96 ha, apenas 42,64 ha (6,4%) representam áreas de interior, ou seja, 93,6% desta região são unicamente com características de bordas. Isto fica ainda mais evidente através do número reduzido de 25 áreas de interior, com média de 1,7 ha cada, as quais expressam que os fragmentos desta classe possuem formas muito pequenas e/ou alongadas.

Desse modo, esses fragmentos de vegetação, apresentam pequenas áreas de interior, além de nem todos evidenciarem esta área, sendo perceptível a ínfima qualidade ambiental deles.

Fragmentos entre 50 e 200 ha

Conforme pode ser observado na Tabela 6, existe apenas um fragmento de 130,33 ha para este intervalo de classe, o que o enquadra na categoria com valor médio na conservação da biodiversidade, de acordo com a classificação de Pereira (2012).

Tabela 5. Valores das métricas dos fragmentos menores do que 50 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	665,96
Número de fragmentos	262
Tamanho médio de fragmentos (ha)	2,54
Total de borda (m)	175.608
Tamanho médio de borda (m)	670,26
Dimensão fractal média	1,39
Área total de interior (ha)	42,64
Número de áreas de interior	25

Tabela 6. Valores das métricas dos fragmentos entre 50 e 200 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	130,33
Número de fragmentos	1,00
Tamanho médio de fragmentos (ha)	130,33
Total de borda (m)	16.586,57
Tamanho médio de borda (m)	16585,57
Dimensão fractal média	1,60
Área total de interior (ha)	12,96
Número de áreas de interior	6,00



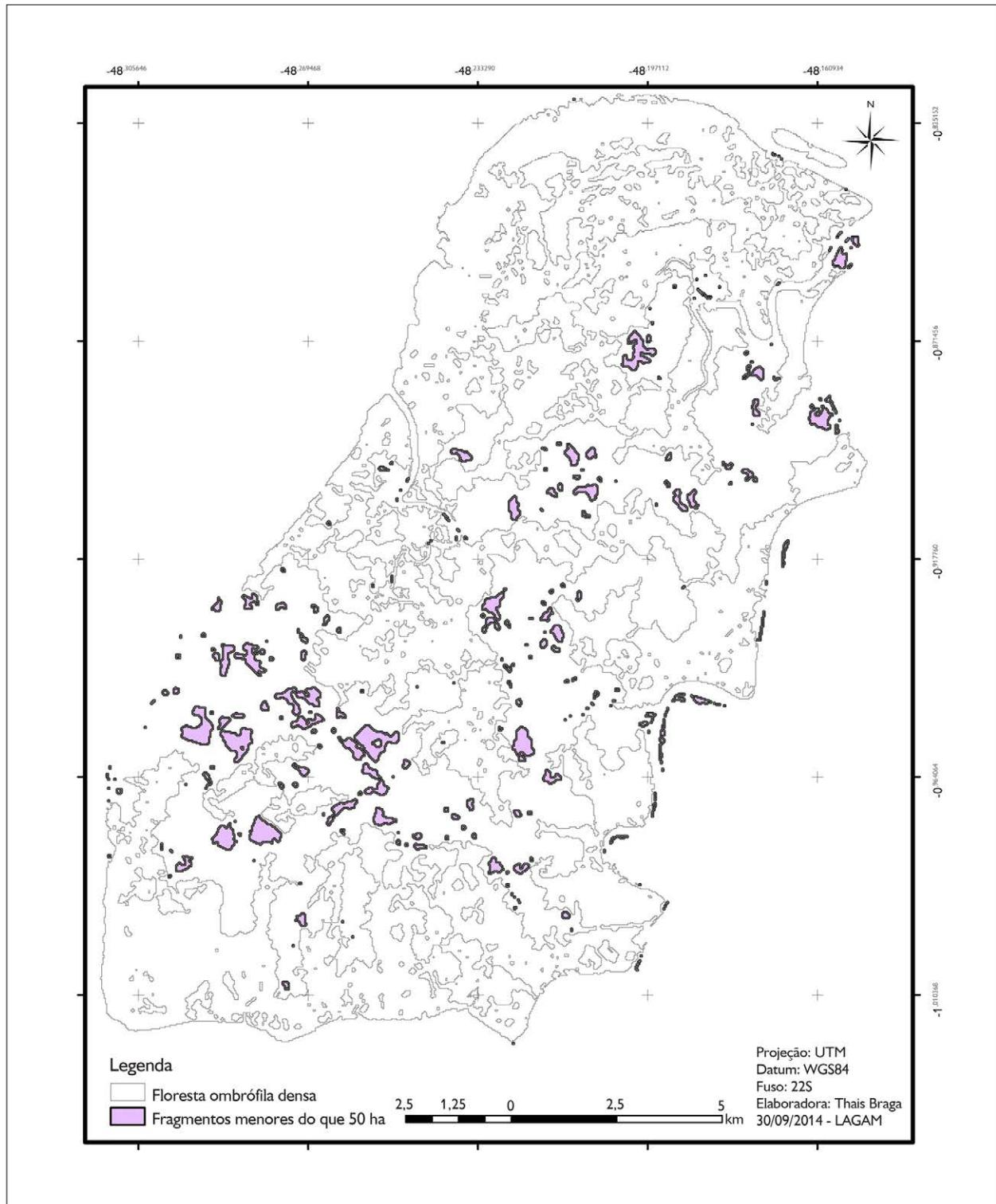


Figura 7. Fragmentos de vegetação arbórea densa menores do que 50 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).



Esse fragmento apresentou bordas mais complexas, com dimensão fractal de 1,6, o que o torna mais exposto ao efeito de borda.

Do total de 130,33 ha desta classe, apenas 12,96 ha constituem a área de interior, sendo o restante caracterizado como ambiente de borda. A média das áreas de interior é de 2,16 ha, fato diretamente relacionado à forma alongada do fragmento (Figura 8), o que dificulta a perpetuação das espécies. No entanto, fragmentos com pequena área de interior não devem ser desconsiderados em uma paisagem, uma vez que desempenham importante papel na conservação de sua estrutura florestal, atuando como corredores de fluxo biológico e realizando a conexão entre fragmentos florestais (Turner & Gardner, 1990).

Fragmentos entre 200 e 350 ha

Foi observado apenas um fragmento para o intervalo de classe entre 200 e 350 ha, o que representa menos de 0,07% dos fragmentos que constituem o total da vegetação arbórea. A área total ocupada por eles foi de 208,214 ha, o que representa 2,40% do total de áreas de vegetação arbórea do município de Colares (Tabela 7).

A área total ocupada por ambiente de interior é de 89,75 ha. As áreas de interior apresentam, em média, 8,97 ha, o que, segundo Metzger & Décamps (1997), não é suficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural, comprometendo a qualidade ambiental destes fragmentos.

Tabela 7. Valores das métricas do fragmento entre 200 e 350 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	208,21
Número de fragmentos	1,00
Tamanho médio de fragmentos (ha)	208,21
Total de borda (m)	17.653,14
Tamanho médio de borda (m)	17.653,14
Dimensão fractal média	1,60
Área total de interior (ha)	89,75
Número de áreas de interior	10,00

A Figura 9 mostra que este fragmento apresenta forma bastante alongada e borda complexa, com dimensão fractal de 1,6, estando, assim, suscetível à grande influência dos efeitos de borda, podendo, dessa forma, ocasionar extinções de algumas espécies de ambientes internos. Isso propicia a invasão de outras espécies mais adaptadas ao ambiente de borda, por isso é importante mencionar que a minimização dessa área de interior poderá acarretar diretamente a redução drástica da biodiversidade das espécies mais sensíveis às mudanças ambientais.

Fragmentos entre 350 e 500 ha

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 778,493 ha, sendo que 60.992 ha desta área são constituídos por ambiente de borda, ou seja, apenas 253,15 ha referem-se aos ambientes de interior. As áreas de interior apresentam, em média, 16,88 ha (Tabela 8), valor considerado insuficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural, comprometendo a qualidade ambiental destes fragmentos (Metzger & Décamps, 1997).

Apesar de os fragmentos desta classe apresentarem tamanho expressivo (389,25 ha), a média de cada área de interior é de somente 16,88 ha. Isso significa que eles apresentam forma bastante alongada, sob grande influência dos efeitos de borda. Logo, essa reduzida área de interior poderá provocar a perda de biodiversidade das espécies mais sensíveis às mudanças ambientais.

Tabela 8. Valores das métricas dos fragmentos entre 350 e 500 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	778,49
Número de fragmentos	2,00
Tamanho médio de fragmentos (ha)	389,25
Total de borda (m)	60.992,0
Tamanho médio de borda (m)	30.496,0
Dimensão fractal média	1,92
Área total de interior (ha)	253,15
Número de áreas de interior	15,00

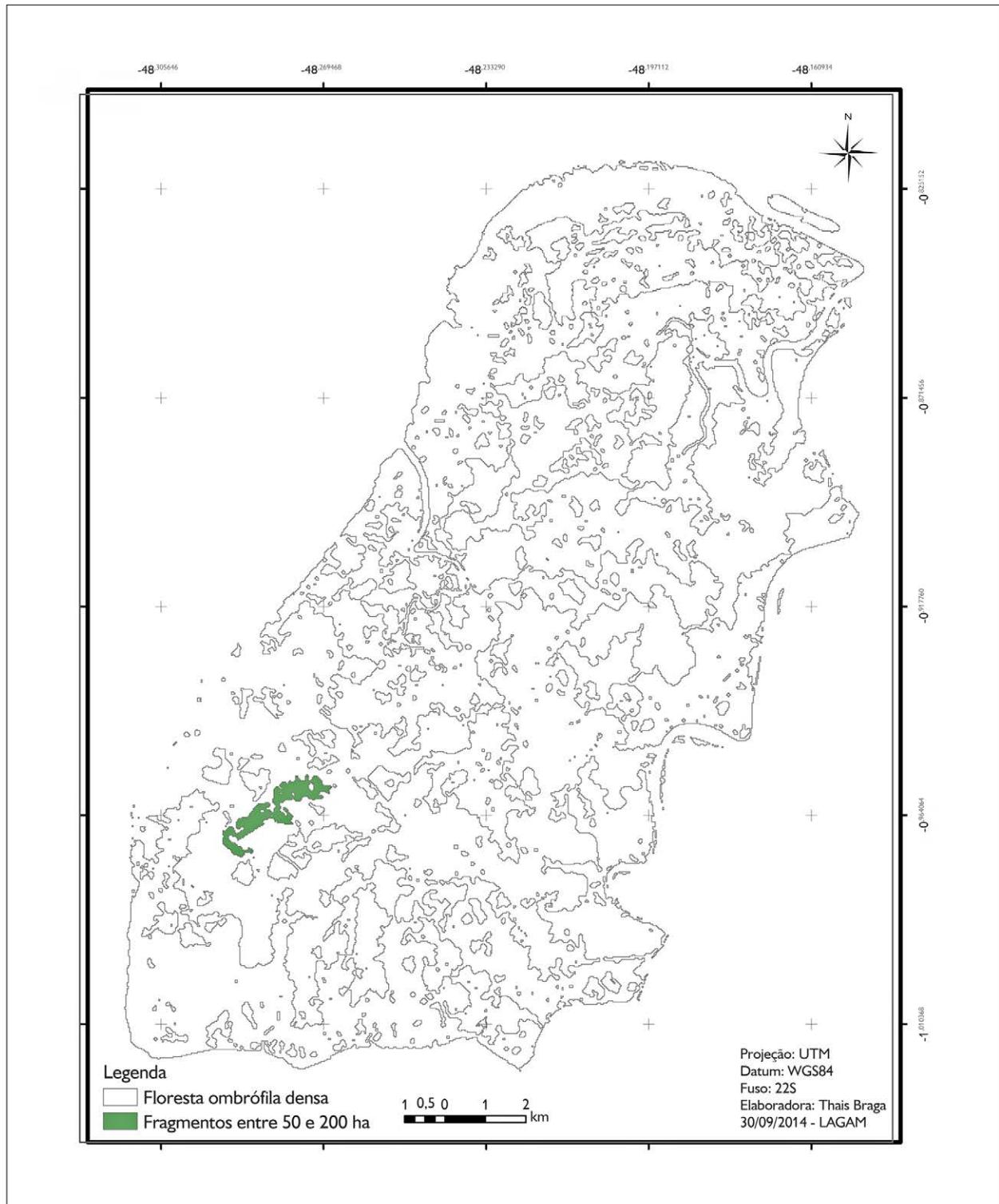


Figura 8. Fragmentos de vegetação arbórea entre 50 e 200 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).



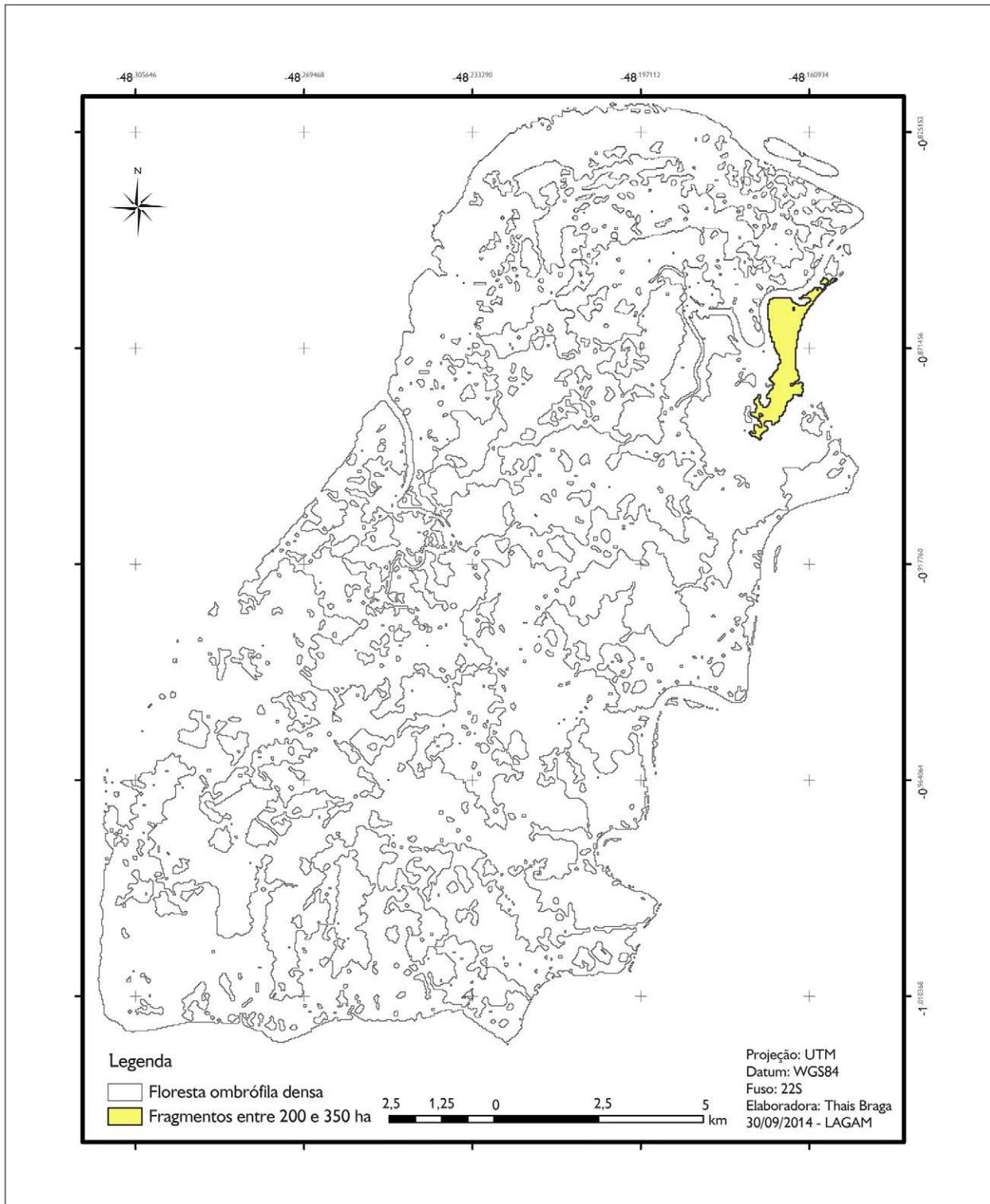


Figura 9. Fragmentos de vegetação arbórea entre 200 e 350 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).



A Figura 10 mostra a distribuição espacial dos fragmentos de 350 a 500 ha presentes na área.

Considerando-se o proposto por Pereira (2012), que áreas maiores do que 300 ha têm alto valor para a conservação, a área do fragmento desta classe atende a esta premissa, pois apresentou valores médios de 389,25 ha. Outro fator importante a ser avaliado é que, embora estes fragmentos apresentem uma grande área de borda de 60.992 e comportam 15 áreas de interior, a área de interior mostra-se bastante reduzida, com somente 253,15 ha, o que denota uma área média de interior de 16,88 ha.

Esta área de interior é inferior à mínima estabelecida por Metzger & Décamps (1997), que é de 25 ha. Tal evidência, aliada a uma dimensão fractal que demonstra alta complexidade de borda (1,92), permite concluir que tais informações influenciam diretamente, de forma negativa, para a manutenção e a sustentabilidade desses fragmentos, ficando, assim, mais expostos ao efeito de borda.

Fragmentos entre 500 e 2.000 ha

Apenas dois fragmentos estão inseridos neste intervalo de classe (Tabela 9 e Figura 11). O total da área ocupada por esses fragmentos foi de 3.023,353 ha, representando uma média de tamanho dos fragmentos de, aproximadamente, 1.511,68 ha, valor que os caracteriza como áreas de elevada função dentro da conexão e da conservação

Tabela 9. Valores das métricas dos fragmentos entre 500 e 2.000 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	3.023,353
Número de fragmentos	2,00
Tamanho médio de fragmentos (ha)	1.511,68
Total de borda (m)	160.963,00
Tamanho médio de borda (m)	80.481,50
Dimensão fractal média	1,89
Área total de interior (ha)	1.187,19
Número de áreas de interior	36,00

dos ecossistemas, segundo a classificação de Metzger & Décamps (1997).

Considerando-se o proposto por Metzger & Décamps (1997) – áreas maiores do que 300 ha têm alto valor para a conservação –, a área do fragmento desta classe atende a esse padrão. Outro fator importante a ser avaliado é que, embora este fragmento apresente grande área de borda e bordas complexas (dimensão fractal de 1,89), eles comportam 36 áreas de interior com média de 33 ha, superior à mínima estabelecida por Metzger & Décamps (1997), o que indica que sua forma é pouco alongada.

Nesta abordagem, estes fragmentos tornam-se de extrema relevância para a conservação da biodiversidade dentro da paisagem do município de Colares, o que possibilita maior diversidade de espécies no *habitat* e maior eficiência de alimentação de animais na mancha.

Fragmentos maiores do que 2.000 ha

Apenas dois fragmentos estão inseridos neste intervalo de classe, com área de 7.727,302 ha, representando, aproximadamente, 61% da área total de vegetação arbórea do município de Colares. A média de tamanho dos fragmentos é de 3.863,65 ha, como pode ser claramente observado na Tabela 10, cujos valores rotulam os fragmentos como sendo de elevada função dentro da conexão e da conservação dos ecossistemas, segundo a classificação de Metzger & Décamps (1997).

Tabela 10. Valores das métricas dos fragmentos maiores do que 2.000 ha.

Métricas	Valores
Área total (ha)	7.727,302
Número de fragmentos	2,00
Tamanho médio de fragmentos (ha)	3.863,65
Total de borda (m)	289.981,00
Tamanho médio de borda (m)	144.990,50
Dimensão fractal média	1,98
Área total de interior (ha)	3.427,03
Número de áreas de interior	101,00



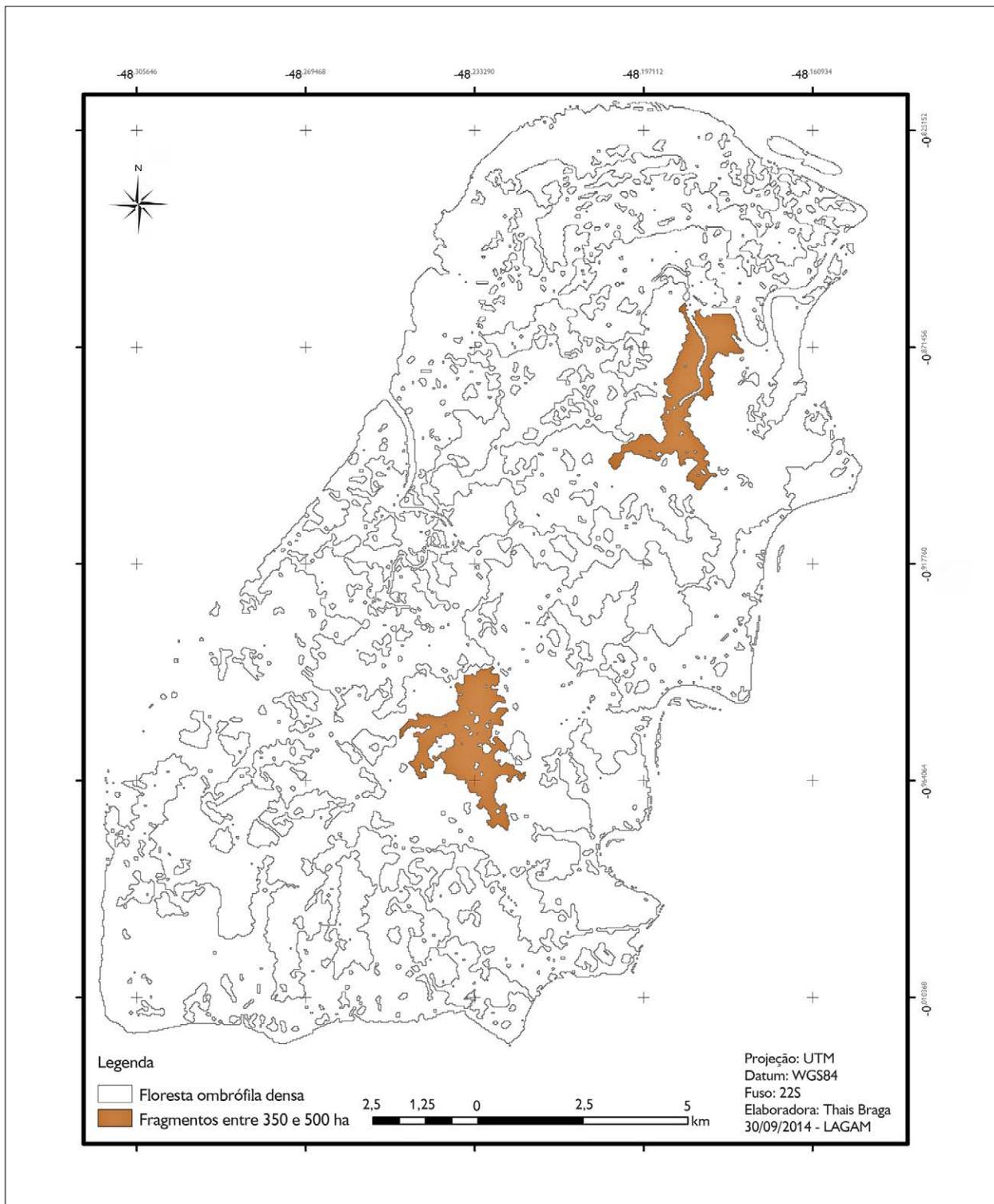


Figura 10. Fragmentos de vegetação arbórea entre 350 e 500 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).

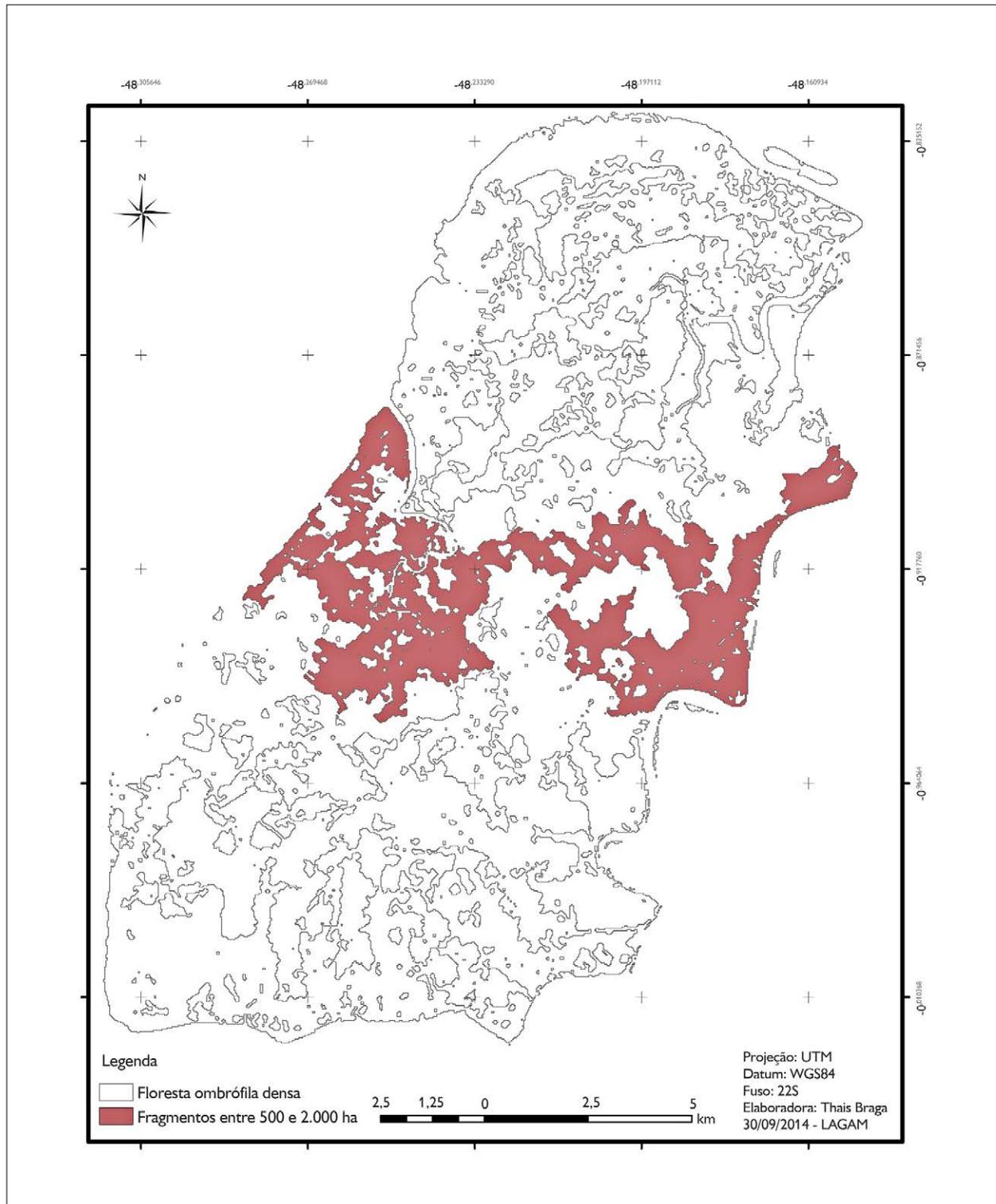


Figura 11. Fragmentos de vegetação arbórea entre 500 e 2.000 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).

Tais fragmentos apresentam tamanho total de bordas de 289.981,0 m, média de bordas de 144.990,5 m, e dimensão fractal média de 1,98, o que os caracterizam como bordas extremamente recortadas, estando, dessa forma, mais susceptíveis ao efeito de borda.

Da área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe, cerca de 3.427,03 ha referem-se à área total de interior, que apresentou valor médio de 33,93 ha, superior à mínima estabelecida por Metzger & Décamps (1997), indicando que sua forma é pouco alongada.

Pode-se concluir que, nesta classe, o processo de fragmentação acarretou a formação de dois grandes fragmentos pouco alongados, com muitas áreas de interior e bordas bastante complexas, tornando-os de extrema relevância para a conservação da biodiversidade dentro da paisagem do município, possibilitando maiores diversidade de espécies e eficiência na alimentação de animais dentro do fragmento.

A Figura 12 mostra a distribuição espacial dos fragmentos maiores do que 2.000 ha presentes no município de Colares. Analisando-se esta figura, percebe-se que os fragmentos desta classe estão distribuídos nos extremos do município, um na parte norte e o outro na parte sul, acompanhando os corpos hídricos. Estes fragmentos possibilitam trânsito biológico entre os diversos fragmentos da paisagem, viabilizado por meio dos corredores naturais (drenagem), em função da proximidade, do comprimento e da largura das manchas.

CONCLUSÃO

O emprego de produtos e de técnicas de sensoriamento remoto, bem como de geoprocessamento, permitiu realizar a caracterização e a análise dos elementos estruturais da paisagem do município de Colares, no estado do Pará, por meio da avaliação quantitativa e qualitativa dos fragmentos de vegetação arbórea encontrados na área em estudo.

O município de Colares é caracterizado por um mosaico de classes de cobertura vegetal e de uso do solo, evidenciando grande exploração dos recursos naturais, onde

a vegetação arbórea está presente predominantemente ao longo dos cursos d'água, caracterizando-se como áreas de preservação permanente.

A paisagem do município de Colares encontra-se bastante fragmentada, sendo caracterizada pela presença de grande número de fragmentos pequenos, demonstrando o forte impacto da atividade humana na área.

Todos os fragmentos analisados, de diversas classes de tamanhos e localizações, apresentaram grande tendência a haver, ao longo do tempo, elevado crescimento principalmente do índice de dimensão fractal. Por isso, os fragmentos com maior tamanho demonstraram formas mais complexas do que os menores, estando, assim, mais suscetíveis ao processo de impacto externo e evidenciando aumento gradativo do efeito de borda.

Percebeu-se claramente que a ecologia da paisagem da área de estudo está intensamente comprometida de forma direta e indireta com os impactos ambientais gerados pelas ações antrópicas sobre o uso do solo, comprometendo a integridade ecológica do município, haja vista que mais da metade dos fragmentos de vegetação arbórea (74%) apresenta intenso efeito de borda, o que interfere negativamente de forma direta na qualidade do ecossistema vigente.

Embora tenham sido observados poucos fragmentos com áreas *core* de valor significativo e com relevante expressão, as poucas detectadas mostram-se de fundamental importância para a conservação da biodiversidade faunística e florísticas, bem como no processo de manutenção da estabilidade da biodiversidade local já existente.

Uma das metodologias mais eficazes para o processo de conservação da biodiversidade é o plano de manejo, que pode ser aplicado não somente em unidades de conservação, mas também em áreas que necessitam de ações compensatórias para a recuperação de áreas degradadas e de conservação dos fragmentos florestais remanescentes.

Dessa forma, a vegetação age como um indicador das condições ambientais de uma região, assim como da 'saúde' dos ecossistemas.

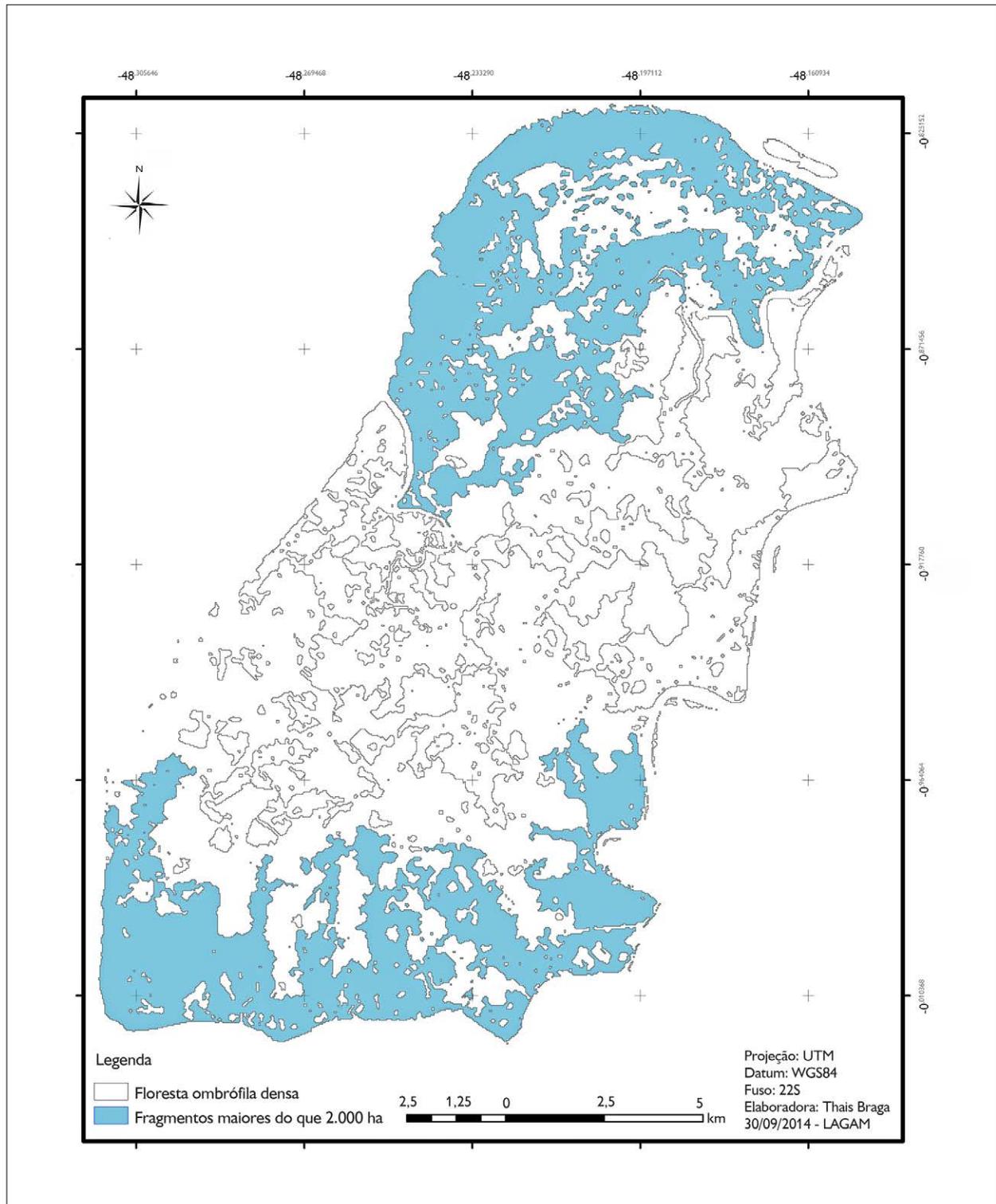


Figura 12. Fragmentos de vegetação arbórea maiores do que 2.000 ha. Mapa elaborado por T. G. M. Braga (2015).



REFERÊNCIAS

- CASIMIRO, P. C., 2000. Uso do solo – ecologia da paisagem, perspectiva de uma nova abordagem no estudo da paisagem em geografia. **GeolNova** (2): 45-65.
- CARDOSO, A. S., P. M. TOLEDO & I. C. G. VIEIRA, 2014. Dimensão institucional da sustentabilidade e gestão ambiental no município de Moju, Pará: uma aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate** 5(2): 203-222.
- CUNHA, M. C. & M. B. ALMEIDA, 2002. **Enciclopédia da floresta: o Alto Juruá: práticas e conhecimentos das populações: 1-784.** Companhia das Letras, São Paulo.
- DENICH, M., 1991. **A importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia oriental brasileira: 1-284.** EMBRAPA/CPATU-GTZ, Belém.
- ENVIRONMENT FOR VISUALIZING IMAGES (ENVI), [s. d.]. Disponível em: <<http://www.envi.com.br/index.php>>. Acesso em: dez. 2010.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI), [s. d.]. **ArcGis.** Disponível em: <<http://www.esri.com/products/index.html>>. Acesso em: dez. 2010.
- FEARNSIDE, P. M., 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica** 36(3): 395-400. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>>.
- FORMAN, T. T., 1997. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions: 1-632.** Cambridge University, New York.
- FORMAN, R. T. T. & M. GODRON, 1986. **Landscape ecology.** J. Wiley, New York.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2012. **Diretoria de geociências, mapas-tematicos_pedologia/unidades_federacao_pa_pedologia.** IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 15 dezembro 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2013. **Geociências.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: dezembro 2013.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP), 2014. **Estatística municipal: Colares.** IDESP, Belém.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) & EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), [s. d.]. **Projeto TerraClass.** Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em: 17 maio 2017.
- KIENAST, F., 1993. Analysis of historic landscape patterns with a GIS - a methodological outline. **Landscape Ecology** 8(2): 103-118. DOI: <<https://doi.org/10.1007/BF00141590>>.
- LAURANCE, W. F. & R. O. BIERREGAARD JR. (Ed.), 1997. **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities.** The University of Chicago Press, Chicago.
- LAURANCE, W. F., M. A. COCHRANE, S. BERGEN, P. M. FEARNside, P. DELAMÔNICA, C. BARBER, S. D'ANGELO & T. FERNANDES, 2001. The future of the Brazilian Amazon: development trends and deforestation. **Science** 291(5503): 438-439. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.291.5503.438>>.
- LORENA, R. B., 2001. **Evolução do uso do solo em porção da Amazônia ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças: 1-116.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- MARENGO, J. A., C. A. NOBRE, R. A. BETTS, P. M. COX, G. SAMPAIO & L. SALAZAR, 2009. Aquecimento global e mudança climática na Amazônia: retroalimentação clima-vegetação e impactos nos recursos hídricos. Original em inglês. **Amazonia and Global Change Geophysical Monograph Series** 186: 273-292. Disponível em: <https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/17_Aquecimento_Global_Marengo.pdf>. Acesso em: 24 março 2016.
- MASCARENHAS, L. M. A., M. E. FERREIRA & L. G. FERREIRA, 2009. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza** 21(1): 5-18. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>>.
- MCGARIGAL, K. & B. J. MARKS, 1995. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure: 1-122.** U.S. Department of Agriculture/Forest Service/Pacific Northwest Research Station (General Technical Report PNW-GTR-351), Portland.
- METZGER, J. P., 2003. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: P. Y. KAGEYAMA, R. E. OLIVEIRA, L. F. D. MORAES, V. L. ENGEL & F. D. GANDARA (Org.): **Restauração ecológica de ecossistemas naturais: 70-76.** FEPAF, São Paulo.
- METZGER, J. P. & H. DÉCAMPS, 1997. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Oecologica** 18(1): 1-12. DOI: <[https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(97\)80075-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(97)80075-6)>.
- NAHUM, J. S. & A. T. C. MALCHER, 2012. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé Açu (PA). **Confins** (16). DOI: <<https://doi.org/10.4000/confins.10536>>.

- PEREIRA, B. W. F., 2012. **Análise da estrutura da paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, nordeste paraense, com base na fragmentação da vegetação arbórea – PA:** 1-82. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- PEREIRA, B. W. F., S. A. JESUIN, M. N. MACIEL, F. A. OLIVEIRA & L. G. C. C., 2012. Fragmentação da vegetação arbórea na bacia hidrográfica do rio Apeú, nordeste do estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias** 55(4): 297-305. DOI: <<http://dx.doi.org/10.4322/rca.2012.065>>.
- PEREIRA, B. W. F., M. N. M. MACIEL, F. A. OLIVEIRA, H. A. S. SILVA, T. G. M. BRAGA & D. B. FIGUEIREDO, 2015. Estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi com base na fragmentação da vegetação. **Revista de Ciências Agrárias** 58(2): 159-167. DOI: <<http://dx.doi.org/10.4322/rca.1798>>.
- PIMENTEL, T. R. G., 2014. **Classificação de padrões temporais de uso do solo e cobertura da terra em séries temporais de índice de vegetação utilizando um sistema neuro-difuso.** Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- PIRES, J. S. R., 1995. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural:** abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio – SP: 1-164. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- RAVAN, S. A. & P. S. ROY, 1995. Phenological stages of dry deciduous forest for improving digital classification accuracy. **Proceedings of ISRS Silver Jubilee Symposium on Remote Sensing for Environmental Monitoring and Management with Special Emphasis on Hill Regions** 1: 22-24.
- RAYNE, J. W., M. C. BRUNER & J. B. LEVESON, 1981. The importance of edges in the structure and dynamics of forest islands. In: R. L. BURGESS & D. M. SHARPE (Ed.): **Forest island dynamics in man-dominated landscapes:** 120-153. Springer-Verlag, New York.
- RODRIGUES, E., 1993. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina – PR:** 1-102. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RUSCHEL, R. A., S. D. O. WATRIN, S. S. P. A. FILHO & M. H. M. SOARES, 2016. Caracterização da cobertura vegetal em pastagem plantada pós-abandono em várzea do estuário Guajarinó, nordeste do estado do Pará. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (98): 1-31.
- SARMENTO, C. M. B., P. O. FRAGA & R. M. DIAS, 2010. Caracterização e avaliação da pastagem do rebanho de agricultores familiares do nordeste paraense. **Acta Amazonica** 40(3): 415-423.
- TORRES, C. L., M. R. K. BARROS & V. H. LIMA, 2014. Alterações na qualidade física de um latossolo amarelo sob pastagem. **Acta Amazonica** 44(4): 419-426.
- TURNER, M. G. & C. L. RUSCHER, 1988. Changes in the spatial patterns of lands use in Georgia, USA. **Landscape Ecology** 1(4): 241-251. DOI: <<https://doi.org/10.1007/BF00157696>>.
- TURNER, M. G. & R. H. GARDNER, 1990. **Quantitative methods in landscape ecology:** the analysis and interpretation of landscape heterogeneity: 1-536. Springer-Verlag, New York.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS), [s. d.]. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 24 março 2016.
- VALENTE, R. O. A. & C. A. VETTORAZZI, 2002. Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis** (62): 114-129.
- VIANA, V. M. & L. A. F. V. PINHEIRO, 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF** 12(32): 25-42.
- WATRIN, O. S., M. N. M. MACIEL & M. C. THALÉS, 2007. Análise espaço-temporal do uso do solo em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, estado do Pará. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** 13: 7019-7026.

