



Métricas da paisagem e quantidade de habitat florestal em um mosaico agrícola, sudeste do Pará

Mariana Gomes Oliveira¹, Graciliano Galdino Alves Santos², Anne-Elisabeth Laques³, Marcelo Cordeiro Thalês⁴, Danielle Mitja³, Izildinha Souza Miranda²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Km 25, BR 155, S/N. Assentamento 26 de Março, Zona Rural, CEP 68501-000, Marabá, PA, Brasil

²Universidade Federal Rural da Amazônia, ISARH, Avenida Tancredo Neves, 2501, CP. 917, CEP 66077-530, Belém, PA, Brasil

³Institut de Recherche pour le Développement, UMR 228 ESPACE-DEV, Maison de la Télédétection, 500 rue JF Breton, 34093, Montpellier, Cedex 5, France

⁴Museu Paraense Emílio Goeldi, CP. 399, CEP 66040-170, Belém, PA, Brasil

*Autor correspondente:

izildinha.miranda@ufra.edu.br

Termos para indexação:

Amazônia
Diversidade de plantas
Fragmentos florestais

Index terms:

Amazon
Plant diversity
Forest fragments

Histórico do artigo:

Recebido em 06/07/2019

Aprovado em 09/07/2021

Publicado em 18/03/2022

Resumo - O objetivo deste estudo foi analisar a influência da estrutura da paisagem sobre a estrutura da vegetação, de acordo com a escala de investigação. O estudo foi desenvolvido no Assentamento Agroextrativista Praia Alta Piranhiera, localizado em Nova Ipixuna, PA. Foi utilizado inventário florístico (variáveis da vegetação) e imagem de satélite (métricas da paisagem). As parcelas foram espacializadas em buffers com circunferências de 100, 200, 300 e 500 m. Observou-se influência das métricas da paisagem, em especial da quantidade de habitat florestal, sobre a estrutura da vegetação e a necessidade de se selecionar as métricas mais adequadas ao tipo de estudo realizado.

Landscape metrics and amount of forest habitat in an agricultural mosaic, Southeast of Pará

Abstract - The objective of this study was to analyze the influence of the landscape structure on the vegetation structure and how this influence is affected by investigation scale. The study was carried out in the Agroextractivist Settlement Praia Alta Piranhiera, Nova Ipixuna, Para State, Brazil. We used floristic inventory (vegetation variables) and satellite image (landscape metrics). The sample plots were spatialized in buffers (100, 200, 300 and 500 m of circumference). We observed influence of landscape metrics, especially the amount of forest habitat, on the vegetation structure and the importance to select the most suitable metrics considering the study objective.



As ações antrópicas têm contribuído para a fragmentação da paisagem (Lewis et al., 2015), que altera a composição das comunidades vegetais e animais, a abundância de grupos funcionais, causam efeito de borda e alteração da estrutura da paisagem e do banco de sementes do solo amazônico (Sousa et al., 2017).

Essas alterações podem ser analisadas ao nível da paisagem, sendo normalmente quantificadas pelas das métricas da paisagem (Jackson & Fahrig, 2016). Essas métricas são utilizadas para compreender a

complexidade das interações (inter e intra espécies, fluxo gênico, diversidade, relação vegetação e paisagem e outros), principalmente em situações de fragmentação dos ambientes florestais com mudanças do uso da terra (Santos et al., 2017).

A relação entre métricas da paisagem e a estrutura da vegetação, e como essa relação é alterada em diferentes escalas espaciais (Rocha-Santos, 2017), ainda não está bem estabelecida e definida. Em função desta complexidade e amplitude do termo escala espacial, o

presente trabalho utiliza o termo escala de investigação para denotar o espaço estudado.

Em ambiente terrestre ocorre uma complexa interação entre a matriz e os fragmentos, o que é diferente das ilhas oceânicas (Melo et al., 2017). Muito frequentemente, o tamanho amostral influencia mais na relação espécie-área do que o tamanho dos fragmentos (Azovsky, 2011). Esses elementos são discutidos pela hipótese da quantidade de habitat, que propõe substituir tamanho (grande e pequeno) pela quantidade de habitat original (Fahrig, 2013).

As paisagens heterogêneas, formadas a partir da fragmentação de um habitat original, são oportunidades para observar essas relações, pois elas apresentam um ambiente que possibilita trabalhar com diferentes escalas. Essas paisagens fragmentadas são encontradas em toda região amazônica, em função da conversão de florestas em áreas agropecuárias.

Este trabalho teve por objetivo analisar a influência da estrutura da paisagem sobre a estrutura da vegetação, e como essa influência é afetada pela escala de investigação, visando responder as seguintes questões: A estrutura da vegetação é influenciada pela estrutura da paisagem, em especial pela quantidade de habitat florestal? Essa influência é afetada pela escala de investigação? A hipótese é que existe correlação entre as métricas que representam a estrutura da paisagem e a estrutura da vegetação, sendo que essa correlação muda nas diferentes escalas estudadas.

O estudo foi realizado no núcleo Maçaranduba, no Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) Praia Alta Piranha, localizado no município de Nova Ipixuna, Sudeste do Pará. Inicialmente, foram aplicados questionários sócio econômicos em 50 agricultores familiares, resultando na seleção de nove estabelecimentos agrícolas que melhor representavam os sistemas de produção. Em cada um dos nove estabelecimentos agrícolas, foram implantadas cinco parcelas igualmente espaçadas, totalizando 45 parcelas.

Os seguintes tipos de uso da terra foram encontrados nas parcelas: fragmentos florestais bem conservados e/ou com sinais de perturbação antrópica (11 parcelas); florestas secundárias com estrato arbóreo bem definido (9 parcelas); florestas secundárias jovens, sem estrato arbóreo definido (4 parcelas); pastos sujos, com alta abundância de indivíduos herbáceos e de espécies lenhosas em estágio juvenil (11 parcelas); pastos limpos

(9 parcelas); e cultivo anual de arroz (*Oryza sativa* L.) e de milho (*Zea mays* ssp.) (1 parcela).

A vegetação de cada parcela foi inventariada em três estratos, conforme metodologia apresentada por Do Vale et al. (2017, 2018): o estrato superior (DAP > 10 cm) foi inventariado em uma parcela de 10 x 50 m, o estrato médio (DAP < 10 cm e altura $\geq 2,0$ m) foi inventariado em uma subparcela de 5 x 50 m e, o estrato inferior (2,0 m > altura ≥ 10 cm) foi inventariado em 10 subparcelas de 1m x 1 m, distribuídas regularmente no centro de cada parcela. Todos os indivíduos foram identificados ao nível de espécie ou gênero; aqueles não identificados (5% dos indivíduos) foram excluídos das análises.

As espécies foram classificadas em grupos baseados nas formas de vida: lianas, palmeiras, ervas (Hb), árvores e arbustos (Ar); e, quanto a tolerância à sombra: pioneiras (Pi) ou tolerantes à sombra (To), conforme Do Vale et al. (2018).

As variáveis da vegetação analisadas foram aquelas ligadas à abundância (Ab) das espécies, usando às principais formas de vida (arbóreas e herbáceas) e grupos ecológicos (tolerantes à sombra e pioneiras) (Do Vale et al., 2018). A diversidade de Shannon total desses estratos e a riqueza total de espécies inventariada em cada parcela também foram investigadas.

As 12 variáveis da vegetação inventariadas nas 45 parcelas foram: abundância das espécies arbóreas tolerantes do estrato inferior (Ab-Ar-To-EI); abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato inferior (Ab-Ar-Pi-EI); abundância das espécies herbáceas tolerantes do estrato inferior (Ab-Hb-To-EI); abundância das espécies herbáceas pioneiras do estrato inferior (Ab-Hb-Pi-EI); diversidade de Shannon do estrato inferior (todas as formas de vidas e grupos ecológicos) (H'EI); abundância das espécies arbóreas tolerantes do estrato superior (Ab-Ar-To-ES); abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato superior (Ab-Ar-Pi-ES); diversidade de Shannon do estrato superior (todas as formas de vidas e grupos ecológicos) (H'ES); riqueza de espécies herbáceas tolerantes total (S-Hb-To); riqueza de espécies herbáceas pioneiras total (S-Hb-Pi); riqueza de espécies arbóreas tolerantes à sombra total (S-Ar-To); riqueza de espécies arbóreas pioneiras total (S-Ar-Pi).

Para extrair as métricas da paisagem, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 5 (cena 223/64), bandas 3, 4 e 5. A imagem selecionada é de 2008, mesmo ano em

que foi realizada a amostragem do inventário florístico e apresenta menos de 10% de nuvens. A imagem foi classificada em três tipos de cobertura vegetal (floresta, capoeira e pastagem) (Figura 1); as métricas da paisagem foram extraídas apenas para as áreas florestais, uma vez que é a cobertura vegetal original da área de estudo e foco desse estudo. A classificação foi realizada no Software Spring 5.3, com a ferramenta Bhattacharya, que é um classificador supervisionado. Primeiro foi realizada a segmentação (similaridade 06 e área pixel 20), que apresentou um limiar de aceitação de 95%. Posteriormente, foi realizada a validação, utilizando as 45 parcelas onde foram realizados os inventários florísticos.

Para a avaliação do efeito da escala, foram selecionadas somente métricas de fragmento e de classes, uma vez que elas são mais sensíveis às variações espaciais. Assim, foram calculadas cinco métricas, sendo três de fragmento: 1) área dos fragmentos (*patch area* - AREA), calculada em m² e depois convertida em hectares; 2) perímetro dos fragmentos (*patch perimeter* - PERIM), calculado em metros e depois convertido em quilômetros; e 3) forma dos fragmentos (*shape index* - SHAPE), que representa a área do fragmento ajustada a um padrão circular ($\text{shape index} = 1$), ou seja, o shape index aumenta sem limite, quanto mais irregular for o fragmento. As duas outras métricas estudadas se referem às classes: 4) densidade de borda (*edge density* - ED), que é igual à soma dos comprimentos (m) de todos os segmentos de borda que envolvem o fragmento, dividida pela área total da paisagem (m²), sendo posteriormente convertido em hectares; e, 5) número de fragmentos (*number of patches* - NP). As métricas foram calculadas com o programa Fragstats 4.0.

Para determinar a quantidade de habitat florestal, apenas a métrica área (*patch area* - AREA) da cobertura florestal foi utilizada, uma vez que o habitat florestal original da matriz era o investigado. A área total de floresta foi quantificada em diferentes escalas espaciais, representadas por buffers com circunferências de 100 m, 200 m, 300 m e 500 m, o que correspondem a áreas de: 706 m²; 3.019 m²; 6.939 m²; 19.606 m²; respectivamente. Para gerar esses buffers, foram usadas as parcelas dos inventários florísticos como centroide.

Foram analisados 180 buffers (45 parcelas versus quatro tamanhos diferentes de circunferências). Os buffers foram quantificados através do programa Quantum GIS 2.14.3. As escalas menores (100 m e

200 m) foram baseadas na distância média de dispersão de sementes anemocóricas das espécies tropicais (Santos et al., 2017) e a maior escala escolhida (500 m) foi resultado dos testes iniciais, que identificaram não haver mais correlação com as variáveis da vegetação a partir desse tamanho.

Para comparar as métricas da paisagem (área, perímetro, forma, densidade da borda e número de fragmentos florestais), entre as diferentes escalas de investigação, foi realizada uma análise de variância, (one-way), seguida do teste Tukey ao nível de significância de 95%. Antes da análise de variância foi testada a distribuição normal dos dados, usando o teste de Shapiro-Wilk.

A correlação entre as variáveis da vegetação e as métricas da paisagem (área, perímetro forma, densidade de borda e número de fragmentos), nas diferentes escalas (100 m, 200 m, 300 m e 500 m), foi determinada pela análise de correspondência canônica (CCA), sendo aplicada, posteriormente, a análise de monitoramento ambiental (ENVFIT), para obtenção da significância da correlação apresentada pela CCA.

Para testar a quantidade de habitat florestal sobre a estrutura da vegetação, foi aplicado o modelo *RandomForest*, utilizando as 12 variáveis da vegetação (Tabela 2). *RandomForest* é uma análise multivariada que tem precisão e classificação muito alta; além da capacidade de modelar interações complexas entre variáveis preditoras (Cutler et al., 2007). Neste estudo, possibilitou determinar quais as variáveis da vegetação apresentaram melhores percentuais de resposta ao efeito da quantidade de habitat.

A correlação de Pearson entre a métrica área (*patch area* - AREA) e as variáveis da vegetação nas diferentes escalas foi utilizada para se definir em qual escala aparece o efeito da quantidade de área florestal sobre as variáveis da vegetação. A correlação de Pearson foi acompanhada do teste *t* de Student para análise da significância do coeficiente da correlação. Para as correlações, foi adotada a seguinte classificação: $0,10 \leq r < 0,40$ (fraco); $0,40 \leq r < 0,6$ (moderado); $r \geq 0,6$ (forte).

Todas as análises foram realizadas na Plataforma R 3.3.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, AT), utilizando os pacotes Pastecs, car, RandomForest e Vegan.

A área dos fragmentos aumentou à medida que a escala aumentou até 500 m (ANOVA, $F = 3.0934$; $p < 0,0001$). No entanto, o perímetro e forma aumentaram

até 300 m; e a densidade de bordas e o número dos fragmentos aumentaram até 200 m; além desses valores as variáveis da paisagem se mantiveram constantes (Tabela 1).

Os fragmentos florestais apresentaram forma mais circular nas escalas de 100 e 200 m (Tabela 1), e formas mais irregulares nas escalas de 300 m e 500 m. A métrica densidade de borda foi menor na escala de 100 m, diferenciando-se estatisticamente das demais escalas.

Todas as métricas foram sensíveis às variáveis da vegetação pela análise CCA, na escala de 100 m (Tabela 2), exceto o número de fragmentos. A área foi a única métrica que apresentou diferença estatística entre as três escalas (100, 200 e 300 m). As variáveis da vegetação ligadas ao grupo das tolerantes foram aquelas que apresentaram as correlações significativas através do ENVFIT (Figura 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão das métricas da paisagem nas 45 parcelas do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira, município de Nova Ipixuna, Estado do Pará.

Table 1. Mean and standard deviation of landscape metrics in the 45 plots of the Praialta and Piranheira Agroextractive Settlement Project, Nova Ipixuna municipality, State of Pará, Brazil.

Métricas	Escala de investigação			
	100 m	200 m	300 m	500 m
Área (ha)	1,09 ± 1,8 a	4,32 ± 3,6 ab	10,07 ± 7,1 c	30,38 ± 16,8 d
Perímetro (km)	4533,3 ± 3.445,6 a	12.253,3 ± 6.647,5 b	24.260 ± 12.011,8 c	54.906,57 ± 18.941,5 c
Densidade de borda (ha)	1,45 ± 1,0 a	9,74 ± 54 bc	8,78 ± 40 c	7,17 ± 24 c
Forma = shape	0,8958 ± 5,615 a	1,1796 ± 4,9697 b	1,4589 ± 4,167 c	1,5662 ± 2,578 c
Nº de fragmentos	0,8 ± 0,7 a	1,4 ± 1,0 bc	1,9 ± 1,4 c	1,57 ± 0,2 c

As letras diferentes nas colunas, indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2. Escores dos eixos 1 (CCA1) e 2 (CCA2) da análise de correspondência canônica realizada com as 12 variáveis da vegetação e os resultados da correlação entre as variáveis da vegetação e as métricas da paisagem, obtidas através da análise de monitoramento ambiental (ENVFIT).

Table 2. Scores of axes 1 (CCA1) and 2 (CCA2) of the canonical correspondence analysis performed with the 12 vegetation variables and the correlation results between vegetation variables and landscape metrics obtained through of the environmental monitoring analysis (ENVFIT).

Métricas da paisagem	CCA1	CCA2	r ²	P
AREA_100	-0,99543	-0,09551	0,6762	0,001
PERIM_100	-0,98315	-0,18280	0,4625	0,001
SHAPE_100	-0,88511	-0,46538	0,2770	0,007
NP_100	-0,89155	-0,45292	0,0672	0,276
ED_100	-0,97637	-0,21609	0,4831	0,001
AREA_200	-0,99126	0,13190	0,5339	0,001
PERIM_200	-0,99835	-0,05738	0,1602	0,052
SHAPE_200	-0,64006	-0,76833	0,1362	0,074
NP_200	0,97958	0,20105	0,0483	0,411
ED_200	-0,92823	-0,37201	0,0823	0,255
AREA_300	-0,87373	0,48642	0,3574	0,001
PERIM_300	-0,84581	0,53349	0,0019	0,969
SHAPE_300	0,22736	-0,97381	0,0564	0,365
NP_300	0,88276	-0,46983	0,1085	0,121
ED_300	0,64795	-0,76168	0,0061	0,908
AREA_500	-0,65725	0,75367	0,0971	0,189
PERIM_500	0,42983	-0,90291	0,1396	0,087
SHAPE_500	0,98703	0,16056	0,0954	0,146
NP_500	0,98703	0,16056	0,0954	0,146
ED_500	0,40962	-0,91225	0,1414	0,079

r² = coeficiente de correlação; p = valor da probabilidade; area = área (m); perim = perímetro (m); NP = número de fragmentos; ED = densidade de borda.; shape = forma.

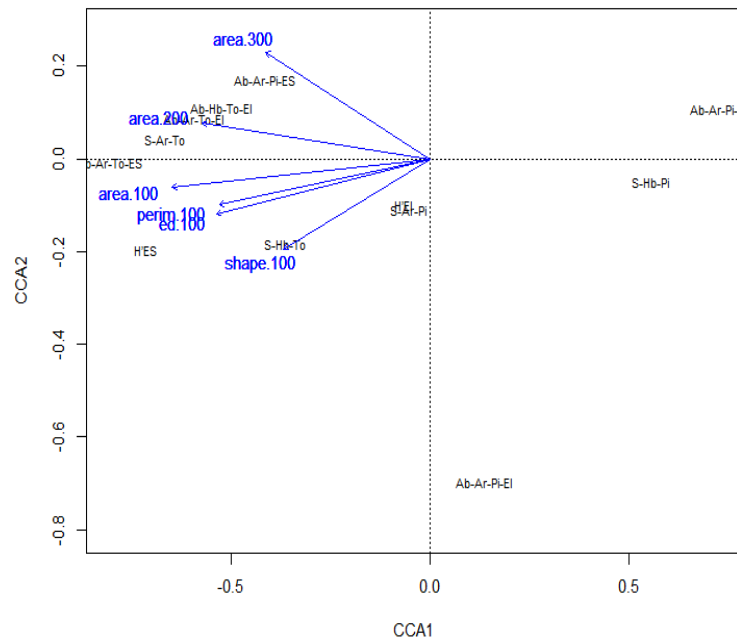


Figura 1. Distribuição das 12 variáveis da vegetação de acordo com os eixos 1 (CCA1) e 2 (CCA2) da análise de correspondência canônica e das métricas da paisagem significativas (em azul), no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta Piranha, sudeste do Pará. Area = área do fragmento (ha) = perímetro (km); shape = index shape; ED = densidade de borda (ha); 100, 200, 300 e 500 representam as diferentes escalas espaciais analisadas.

Figure 1. Distribution of the 12 vegetation variables according to the axes 1 (CCA1) and 2 (CCA2) of the canonical correspondence analysis and the significant landscape metrics (in blue), in the Praia Alta Agroextractivist Settlement Project Piranha, southeast of Pará. Area = area of the forest fragment (ha); perim = perimeter (km); shape = shape index; ED = edge density (ha); 100, 200, 300 and 500 represent the different spatial scales analyzed.

As análises *RandomForest* também mostraram que a quantidade de área afeta as variáveis da vegetação, principalmente nas escalas menores (100 e 200 m), sendo que oito das doze variáveis da vegetação apresentaram resultados significativos nessas escalas menores (Tabela 3).

A maioria das relações entre as variáveis da vegetação e a quantidade de habitat explicadas pela análise *RandomForest* foram negativas; a importância de cada variável esteve entre 22,15 e 15,44% (Tabela 3).

As variáveis da vegetação com maiores porcentagens de explicação pelo modelo *RandomForest* foram: riqueza de espécies herbáceas tolerantes (S-Hb-To: 15,44%) e abundância das espécies arbóreas/arbustivas pioneiras do estrato inferior (Ab-Ar-Pi-EI: 13,87%), que apresentaram relações positivas; e, abundância das espécies arbóreas/arbustivas pioneiras do estrato superior (Ab-Ar-Pi-ES:

-22,15%), riqueza de espécies arbóreas/arbustivas pioneiras dos 03 estratos (S-Ar-Pi: -15,88%), diversidade de Shannon do estrato inferior (H'EI: -15,57%) e abundância das espécies herbáceas pioneiras do estrato inferior (Ab-Hb-Pi-EI: -14,79%), que apresentaram relações negativas. Contudo, apenas riqueza de espécies herbáceas tolerantes e abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato inferior apresentaram correlações significativas nas escalas menores (Tabela 3).

As correlações entre variáveis da vegetação e a quantidade de habitat foram de moderadas a fracas (Tabela 3). As correlações significativas entre a quantidade de habitat florestal e as variáveis da vegetação diminuem ao longo da escala. De oito correlações significativas nas escalas 100 e 200 m, passam para cinco na escala de 300 m e para zero na escala de 500 m.

Tabela 3. Correlação de Pearson entre a quantidade de habitat florestal e as variáveis da vegetação.**Table 3.** Pearson correlation between the amount of forest habitat and the vegetation variables.

Variável da vegetação	Quantidade de habitat florestal				Random forest (%)
	100 m	200 m	300 m	500 m	
S-Ar-To	0,55*	0,52*	0,43*	0,25	2,31%
S-Ar-Pi	0,13	0,11	0,05	0,02	-15,8%
S-Hb-To	0,37*	0,30*	0,19	0,07	15,4%
S-Hb-Pi	- 0,44*	- 0,37*	- 0,25	- 0,05	6,86%
H'ES	0,52*	0,47*	0,39*	0,25	3,20%
H'EI	0,18	0,19	0,11	0,07	-15,5%
Ab-Ar-To-ES	0,49*	0,47*	0,41*	0,26	-8,64%
Ab-Ar-Pi-ES	0,07	0,12	0,14	0,22	-22,1%
Ab-Ar-To-EI	0,51*	0,46*	- 0,22*	- 0,01	-2,64%
Ab-Ar-Pi-EI	- 0,50*	-0,42*	-0,22	-0,01	13,8%
Ab-Hb-To-EI	0,49*	0,38*	0,33*	0,15	-1,50%
Ab-Hb-Pi-EI	0,03	-0,08	-0,10	-0,05	-14,7%

S-Ar-To = riqueza de espécies arbóreas tolerantes à sombra total; S-Ar-Pi = riqueza de espécies arbóreas pioneiras total; S-Hb-To = riqueza de espécies herbáceas tolerantes total; S-Hb-Pi = riqueza de espécies herbáceas pioneiras total; H'ES = diversidade de Shannon do estrato superior (todas as formas de vidas e grupos ecológicos); H'EI = diversidade de Shannon do estrato inferior (todas as formas de vidas e grupos ecológicos); Ab-Ar-To-ES = abundância das espécies arbóreas tolerantes do estrato superior; Ab-Ar-Pi-ES = abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato superior; Ab-Ar-To-EI = abundância das espécies arbóreas tolerantes do estrato inferior; Ab-Ar-Pi-EI = abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato inferior; Ab-Hb-To-EI = abundância das espécies herbáceas tolerantes do estrato inferior; Ab-Hb-Pi-EI = abundância das espécies herbáceas pioneiras do estrato inferior. Randomforest % = grau de importância de cada preditor. *probabilidade significativa a 5% através do teste t de Student.

A grande variação das variáveis da vegetação e das métricas pode estar relacionada com a complexidade da paisagem amazônica. De modo geral, nessa região a paisagem é influenciada pelo histórico antrópico, a existência da conectividade funcional e as relações das diferentes formas de dispersor. Esses elementos podem ocasionar diferentes respostas das comunidades de plantas nos habitats fragmentados, como por exemplo a porosidade da matriz, a forma, o isolamento, o efeito de borda e a riqueza de espécies (Fahrig, 2013).

Quanto mais os fragmentos são irregulares, mais mostram sua intensidade de uso, além de estarem mais suscetíveis ao efeito de borda (Borda-Niño et al., 2017). Essas características recaíram principalmente sobre os fragmentos com maiores áreas. Possivelmente, as áreas menores, com forma e densidade de borda mais regulares, têm sido destinadas à função de reserva legal, para atender a legislação florestal vigente (Brasil, 2012). Essa prática é exatamente o contrário do ideal, pois fragmentos menores são mais fragilizados devido ao efeito de borda (Mendes et al., 2015), fato que pode comprometer sua função de conservação das espécies florestais.

As métricas da paisagem mostram resultados diferentes, em especial quando aplicadas em diferentes

escalas, como também encontrado por Rocha-Santos (2017) e Santos et al. (2017).

Como as métricas foram calculadas levando-se em consideração apenas as áreas de florestas originais, já era esperado que as espécies mais sensíveis à configuração espacial da paisagem fossem aquelas tolerantes à sombra, visto que são espécies estruturantes da Floresta Amazônica e possuem estratégias durante seu ciclo vital para sobreviverem à sombra (Do Vale et al., 2018). Resultado similar foi encontrado no município de Oiapoque, AP, onde as espécies tolerantes à sombra responderam de forma diferente às métricas da paisagem aplicadas (Santos et al., 2017).

O resultado da CCA também mostrou que entre as variáveis da vegetação, aquelas ligadas ao grupo das tolerantes à sombra apresentaram correlações significativas. A importância dessas espécies nos diferentes tipos de usos da terra encontrados em Maçaranduba foi descrita por Do Vale et al. (2018), que destacaram a importância desse grupo durante o processo sucessional, em especial das espécies *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng., *Gustavia augusta* L., *Pourouma guianensis* Aubl. e *Rinorea pubiflora* (Benth.) Sprague & Sandwith. Contudo, a abundância das espécies arbóreas pioneiras do estrato inferior também respondeu

positivamente à quantidade de habitat, o que indica perturbações com aumento de luminosidade nas parcelas florestais.

As correlações fracas a moderadas entre variáveis da vegetação e a quantidade de habitat foram similares aos resultados encontrados por Alsfield et al. (2010) e Schaadt & Vibrans (2015), que advertiram que fatores ambientais, ações antrópicas e a dinâmica da paisagem também influenciam as comunidades de plantas.

Nossos resultados mostram a importância da escala local para evidenciar a influência da quantidade de habitat florestal sobre a estrutura da vegetação. De fato, a quantidade de habitat e a fragmentação dependem da escala (Smith et al., 2011), e são melhor quantificáveis em escalas menores (Hanski, 2015); já que nas grandes escalas espaciais é mais difícil determinar estruturas populacionais (McGarigal & Cushman, 2002).

Por fim, a escala de 500 m parece ser muito grande para evidenciar o efeito da paisagem sobre as variáveis da vegetação estudadas. Possivelmente, isso ocorre devido à distância de dispersão das espécies arbóreas, que é estimada como forma de determinar a escala apropriada para perceber o efeito da paisagem sobre as espécies de plantas (Melo et al., 2017).

Conclusões

Dentre as métricas da paisagem, a área dos fragmentos florestais influenciou a riqueza e a abundância das espécies tolerantes à sombra até a escala de 300 m. O perímetro, densidade de borda e forma do fragmento influenciaram a diversidade do estrato superior e a riqueza de espécies herbáceas tolerantes à sombra, somente na escala de 100 m. O número de fragmento não influenciou as variáveis da vegetação.

A riqueza de espécies herbáceas tolerantes à sombra e a abundância das espécies arbóreas/arbustivas pioneiras do estrato inferior são influenciadas pela quantidade de habitat florestal. Por outro lado, as correlações significativas entre a quantidade de habitat florestal e as outras variáveis da vegetação diminuem com o aumento da escala, entre 100 m e 300 m.

Escolher corretamente as métricas da paisagem, a escala e as variáveis da vegetação utilizadas é fundamental para as análises. Esse procedimento deveria ser adotado ao se elaborar planos de manejos aplicados em mosaicos agrícolas, como por exemplo no momento

de definir áreas para regeneração florestal, visando estabelecer ou ampliar as áreas de reserva legal.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo nº 484.990/2007-1, pelo financiamento para a coleta das variáveis da vegetação.

Referências

- Alsfield, A. J. et al. The influence of landscape composition on the biotic community of constructed depressional wetlands. **Restoration Ecology**, v. 18, p. 370-378, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00628.x>.
- Azovsky, A. I. Species–area and species–sampling effort relationships: disentangling the effects. **Ecography**, v. 34, n. 1, p. 18-30, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06288.x>.
- Borda-Niño, M. et al. Planning restoration in human-modified landscapes: new insights linking different scales. **Applied Geography**, v. 83, p. 118-129, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.012>.
- Brasil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 24 ago. 2021. Publicada originalmente no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 28 maio, 2012.
- Cutler, D. R. et al. Random forests for classification in ecology. **Ecology**, v. 88, n. 11, p. 2783-2792, 2007. <https://doi.org/10.1890/07-0539.1>.
- Do Vale, I. et al. Riqueza de plantas em mosaicos rurais na região do “arco do desmatamento”, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 36, p. 29, 2017. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p29.pdf>.
- Do Vale, I. et al. Successional processes in agricultural mosaics in the eastern Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 51-60, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.004>.
- Fahrig, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 9, p. 1649-1663, 2013. <https://doi.org/10.1111/jbi.12130>.
- Hanski, I. Habitat fragmentation and species richness. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 5, p. 989-993, 2015. <https://doi-org.ez366.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jbi.12478>.
- Jackson, N. D. & Fahrig, L. Habitat amount, not habitat configuration, best predicts population genetic structure in fragmented landscapes. **Landscape Ecology**, v. 31, n. 5, p. 951-968, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0313-2>.
- Lewis, S. L. et al. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 827-832, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9932>.

- McGarigal, K. & Cushman, S. A. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p. 335-345, 2002. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0335:CEOEAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0335:CEOEAT]2.0.CO;2).
- Melo, G. L. et al. Testing the habitat amount hypothesis for South American small mammals. **Biological Conservation**, v. 209, p. 304-314, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.031>.
- Mendes, N. G. et al. Análise espacial da cobertura florestal de restinga da sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 286-292, 2015. <https://doi:10.5039/agraria.v10i2a4974>.
- Rocha-Santos, L. et al. Functional decay in tree community within tropical fragmented landscapes: effects of landscape-scale forest cover. **PloS One**, v. 12, n. 4, e0175545, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175545>.
- Santos, G. G. A. et al. Efeitos da escala e configuração da paisagem sobre comunidades vegetais em uma paisagem antropizada no nordeste da Amazônia. **Revista Espacios**, v. 38, n. 46, p. 27, 2017. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n46/a17v38n46p27.pdf>.
- Schaadt, S. S. & Vibrans, A. C. Uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. **Floresta e Ambiente**, v. 4, n. 22, p. 437-445, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.062813>.
- Smith, A. C. et al. Landscape size affects the relative importance of habitat amount, habitat fragmentation, and matrix quality on forest birds. **Ecography**, v. 34, n. 1, p. 103-113, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06201.x>.
- Sousa, D. M. et al. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 1, p. 87-97, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97>.