

Diversidade taxonômica em topossequência em áreas de fragmento de floresta ombrófila em pernambuco

Taxonomic diversity in toposequence in areas of ombrophile forest fragment in pernambuco

¹ Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. General San Martin, 1371, Bongi, CEP 50761-000, Recife, PE, Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Acopiara, CE, Brasil

* autor correspondente

✉ engfloresta@gmail.com

Anália Carmem Silva Almeida^{1*}, Maria de Jesus Nogueira Rodal², Maria Amanda Menezes³, Tereza Cristina Soares de Albuquerque¹, Luiz Gonzaga Mascarenhas¹

RESUMO: Compreender os fatores e processos que interferem na montagem das comunidades são importantes para estabelecer estratégias de conservação de espécies e implementar ações de restauração de ecossistemas florestais. Foi investigado se a heterogeneidade de hábitat (representada pela topossequência) interfere na montagem de comunidades arbóreas em três áreas de fragmentos de Floresta Ombrófila (duas localizadas em Igarassu e uma em Goiana) em Pernambuco, Brasil. Foi testada a hipótese que a variação das variáveis químicas do solo ao longo de uma topossequência (plano com água, encosta e topo) possibilita a existência de diferentes padrões de riqueza e diversidade de espécies arbóreas. A previsão adotada foi que nos ambientes mais restritivos (áreas com baixos teores de fósforo e potássio, com alta saturação de alumínio e baixo pH) seriam encontradas menores riqueza e diversidade de espécies. Analisou-se a diversidade alfa através da Série de Hill, e a diversidade beta foi analisada a partir do seu particionamento usando-se os Índices β_{sor} , β_{jac} e β_{nes} . O estudo da diversidade taxonômica e sua relação com a heterogeneidade de hábitat não confirmou a previsão inicial de que seriam encontradas menor riqueza e diversidade alfa de espécies nas áreas com ambientes mais restritivos, como a área plana com água. Todavia, com relação à diversidade beta, os resultados apontam que o processo de *turnover* é predominante nas comunidades estudadas, sinalizando assim que outros fatores abióticos/bióticos não identificados nesta pesquisa podem estar atuando no processo de montagem de comunidades.

PALAVRAS-CHAVE: Comunidades, filtros abióticos, série de hill.

ABSTRACT: Understanding the factors and processes that interfere with the assembly of communities is important for establishing species conservation strategies and implementing actions to restore forest ecosystems. We investigated whether habitat heterogeneity (represented by toposequence) interferes with the assembly of tree communities in three areas of Ombrophilous Forest fragments (two located in Igarassu and one in Goiana) in Pernambuco, Brazil. We hypothesize that the variation of soil chemical variables along a toposequence (plain with water, slope and top) allows the existence of different patterns of richness and diversity of tree species. The prediction adopted was that in the most restrictive environments (areas with low levels of phosphorus and potassium, with high aluminum saturation and low pH) lower species richness and diversity would be found. Alpha diversity was analyzed using the Hill Series and beta diversity was analyzed based on its partitioning using the Indices β_{sor} , β_{jac} and β_{nes} . The study of taxonomic diversity and its relationship with habitat heterogeneity did not confirm the initial prediction that lower species richness and alpha diversity would be found in areas with more restrictive environments, such as flat areas with water. However, regarding beta diversity, the results indicate that the turnover process predominates in the communities studied, thus signaling that other abiotic/biotic factors not identified in this research may be acting in the community assembly process.

KEYWORDS: Abiotic filters, assembly communities, series hill.

Introdução

Biologicamente, uma comunidade pode ser definida como um conjunto de populações de diferentes espécies que coexistem no mesmo espaço e tempo (BEGON et al., 2006). A estruturação de comunidades analisada a partir do enfoque da heterogeneidade ambiental pode esclarecer como processos estocásticos e determinísticos (filtragens abiótica e biótica) interagem fazendo emergir diferentes padrões (BRAGA et al., 2017). Nesse sentido, estudos da distribuição e abundância de organismos em gradientes ambientais representam uma oportunidade de analisar como o ambiente influencia na formação de comunidades locais (MAGNAGO et al., 2013), dando-lhe uma configuração específica de composição, diversidade e abundância relativa de espécies (HILLRISLAMBERS et al., 2012).

A heterogeneidade ambiental, ou seja, a heterogeneidade de hábitat, pode ser definida como a variação das propriedades de um sistema no espaço ao longo do tempo (BILIA et al., 2015), podendo ser caracterizada de muitas formas, como, por exemplo, gradientes de altitude, declividade, umidade do ar, propriedades químicas e físicas do solo, luminosidade, altura da lâmina de água no lençol freático conforme a topografia, entre outros (VIANNA et al., 2015). Nesse contexto, vale ressaltar que o gradiente ambiental consiste em qualquer variação de fatores abióticos num determinado local (PRESLEY; HIGGINS; WILLIG, 2010). As diferentes variações de solo associadas ao relevo em determinada escala são denominadas de topossequência, a qual pode abrigar diferentes superfícies geomórficas definidas espacialmente através do tempo (JUHÁSZ et al., 2006; CAMPOS et al., 2012). Portanto, o estudo de comunidades com enfoque em gradiente ambiental busca entender a estrutura e a variação da vegetação de uma paisagem utilizando a heterogeneidade de hábitat para explicar a distribuição espacial das espécies, das populações e características como cobertura, produtividade e diversidade de espécies das comunidades (WHITTAKER, 1967).

A análise de diversidade taxonômica é considerada uma medida tradicional de diversidade biológica, abrangendo a distribuição, composição, riqueza, abundância e dominância de espécies nas comunidades (MAGURRAN, 2013). Estudos mostram que a riqueza, diversidade e a distribuição de espécies podem ser influenciadas por diferentes fatores, presentes nos gradientes ambientais (precipitação, temperatura, diferentes condições topográficas, altitude, umidade, variáveis químicas e drenagem do solo, altura da lâmina de água no lençol freático conforme a topografia, etc.), que podem influenciar diretamente na estruturação ou montagem das comunidades (EISERHARDT et al., 2011; SIQUEIRA; ROCHA, 2013; TERRA et al., 2015).

No processo de montagem de comunidades, a influência da topografia e das variáveis químicas do solo tem sido um dos fatores abióticos mais estudados, pois os efeitos das diferentes cotas de altitude e da fertilidade do solo podem influenciar na variação de riqueza e diversidade de espécies (BUDKE et al., 2007; SIQUEIRA; ROCHA, 2013; BALDECK et al., 2013).

Botrel et al. (2002), investigando na região Sudeste do Brasil a relação entre estrutura de comunidades arbóreas associada a topografia e fatores edáficos, encontraram menor riqueza

e maior dominância de espécies nas áreas de menor altitude (área úmidas, ciliares), as quais também apresentaram baixa fertilidade química do solo.

Estudos realizados por Carvalho et al. (2009) detectaram menor diversidade de espécies nas áreas com maior saturação de Al (relacionadas à menor cota de altitude). Resultado similar foi encontrado por Grasel et al. (2020), mostrando que fatores edáficos influenciaram na distribuição de espécies em diferentes estratos de uma floresta aluvial no Sul do Brasil, onde relataram menor riqueza de espécies nos locais com maior saturação de Al (relacionados à menor cota de altitude).

Matos (2012) e Souza et al. (2015), empregando técnicas de rarefação, relataram menores valores de riqueza e diversidade nas cotas de menor altitude da topossequência em áreas de fragmento de Floresta Ombrófila.

Caglione et al. (2015), pesquisando estrutura e diversidade taxonômica de componente arbóreo em Mata Atlântica e usando técnicas de rarefação, relataram que as áreas mais baixas da topossequência apresentaram menores valores de riqueza e diversidade. Entretanto, Rezende et al. (2015), estudando composição e riqueza de espécies arbóreas em gradientes topográficos em área de Mata Atlântica e usando técnicas de rarefação, encontraram maior riqueza de espécies nas áreas mais baixas das topossequências estudadas.

Mendes et al. (2017), estudando na região amazônica a relação entre as diferentes formações de Campinaranas e gradiente topográfico, encontraram nas áreas com baixa fertilidade do solo (associadas ao topo da topossequência) menor diversidade de espécies. Resultados similares foram relatados por Pereira et al. (2020) em uma topossequência na região amazônica, onde os autores detectaram a predominância da vegetação Campinarana Florestada associada a solos com baixa fertilidade e acidez elevada.

O objetivo deste trabalho foi investigar a riqueza e diversidade taxonômica ao longo de uma topossequência (topo, encosta e plano com água, também chamada de área de várzea ou baixada). Para isso, foi testada a hipótese de que a variação das variáveis químicas do solo ao longo de uma topossequência (plano com água, encosta e topo) possibilita a existência de diferentes padrões de riqueza e diversidade de espécies arbóreas. Prevemos que nos ambientes mais restritivos (áreas com baixos teores de fósforo e potássio, com alta saturação de alumínio e baixo pH) seriam encontradas menores riqueza e diversidade de espécies, e que menores valores de riqueza e diversidade ocorreriam na cota de menor altitude da topossequência.

Material e Métodos

Local de estudo

O estudo foi realizado em três áreas de fragmentos de Floresta Ombrófila (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012) situadas na zona da mata norte de Pernambuco (Figura 1): fragmento de mata do Zambana (07° 41' 29.13" e 07° 43' 17.09" S; 35° 00' 08.75" e 34° 58' 38.78" W) e fragmento de mata de Piedade (07° 49' 12.66" e 07° 50' 55.43" S; 34° 59' 21.29" e 35° 00' 35.92" W), ambas situadas



Fonte: Google Maps

Figura 1. Fragmentos das matas de Piedade, Zambana e Itapirema em Pernambuco, Brasil (da própria autora).

na Usina São José, em Igarassu-PE, e fragmento de mata de Itapirema, localizada na Estação Experimental do IPA (07° 38' 57" S; 34° 56' 55" W), localizada em Goiana-PE. Nesta região de estudo prevalece o Grupo Barreiras, constituídos por sedimentos arenosargilosos não consolidados, de origem continental, com declividade constituída por tabuleiros de topo plano, entrecortados por vales estreitos e profundos, com vertentes que exibem declividade acima de 30% e altitudes entre 20 m e pouco mais de 200 m (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, 2003; NUNES et al., 2011).

O clima geral da zona da mata norte de Pernambuco é do tipo Am' de Köppen (quente tropical e úmido, com chuvas no outono e inverno), com temperatura média anual de 24,9 °C (ÁLVARES et al., 2013; MENEZES et al., 2016). No município de Igarassu, onde se localiza a maior parte das terras da Usina São José, a temperatura média anual é de 25,5 °C e a precipitação média anual da Usina São José é de 1.501,55 mm. No município de Goiana, onde se localiza a Estação Experimental do IPA de Itapirema, a temperatura média anual corresponde a 24,9 °C e a precipitação média anual desta Estação Experimental é de 1.887, 81 mm (CLIMATE-DATA, 2018; AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA, 2021).

Os fragmentos de matas, denominados de Piedade e Zambana, possuem respectivamente 305,78 e 387,85 hectares e têm como matriz circundante a cultura da cana-de-açúcar (SILVA, 2010; GUERRA et al., 2012). O fragmento de mata da Estação Experimental de Itapirema possui 95,82 hectares e está rodeada por uma área que tem como histórico de uso a produção de cana-de-açúcar, inhame, frutas tropicais, eucalipto, café, feijão, mandioca, sorgo e coco (INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO, 2015). As três matas estudadas não possuem histórico de uso com finalidades agrícolas ou pecuárias.

Desenho amostral, coleta e tratamento dos dados

No desenho amostral, as posições da topossequência (topo, encosta e plano com água) foram consideradas fatores que promovem a heterogeneidade de hábitat, e as três matas foram consideradas as repetições desse desenho amostral. Foram coletadas plantas lenhosas com a circunferência do fuste ≥ 15 cm nas 45 parcelas (15 parcelas em cada mata estudada subdividida em cinco parcelas em cada área da topossequência), sendo as parcelas lançadas a partir de 50 m de distância em relação à borda da área dos fragmentos de matas. O tamanho de cada parcela foi de 10 m x 10 m, com distância de 10 m entre elas

(MURCIA, 1995; GUERRA et al., 2012). O desenho amostral adotado foi o de blocos casualizados (ZIMMERMANN, 2014). A altitude média de cada uma das 45 parcelas foi obtida com receptor GPS.

A altura das árvores foi medida com telêmetro a laser DLE-40. O material botânico foi coletado e herborizado seguindo as técnicas utilizadas em taxonomia. A identificação do material botânico ocorreu por meio de comparação com material já identificado e depositado no Herbário Dárdano de Andrade Lima, localizado no Laboratório de Botânica do IPA, e a nomenclatura atual das espécies foi conferida por consultas ao banco de dados do Royal Botanic Gardens, Kew (2021) e ao banco de dados do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (HERBÁRIO VIRTUAL, 2021), sendo em seguida elaborada a lista florística ordenada por famílias e respectivas espécies, seguindo a proposta do "Angiosperm Phylogeny Group" (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2016).

A coleta de solo para análise da fertilidade (pH, Al, P e K) de cada parcela foi realizada de acordo com o protocolo da EMBRAPA, em que em cada uma das 45 parcelas foram coletadas cinco amostras simples de solo, na profundidade de 0-20 cm, para formar uma amostra composta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2014).

Análise dos dados

A diversidade alfa nas três áreas da topossequência (topo, encosta e plano com água) foi calculada através dos valores médios da Série de Hill, que inclui as três principais medidas de diversidade: riqueza ($q=0$), diversidade (Shannon corrigido, $q=1$) e dominância (Simpson, $q=2$), conforme Chao et al. (2014). Os valores médios da Série de Hill dos tratamentos foram calculados pela análise estatística não paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar se as comunidades possuem a mesma distribuição de riqueza, diversidade e dominância de espécies nos tratamentos (VIEIRA, 2010). As altitudes médias de cada área da topossequência tiveram a sua similaridade avaliada pelo Teste de Kruskal-Wallis.

A diversidade beta nos três tratamentos foi analisada a partir do seu particionamento (BASELGA, 2010; CUBINO et al., 2021), sendo calculados: o índice de similaridade de Sorensen (β_{sor}), o índice de dissimilaridade de Jaccard (β_{jac}) e depois foi calculado o componente referente ao *turnover* ou aninhamento (β_{nes}) pela equação $\beta_{nes} = \beta_{sor} - \beta_{jac}$.

Os dados das variáveis químicas do solo tiveram a sua normalidade verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk e, no caso de não serem normais, aplicou-se a transformação da raiz quadrada. Em seguida, esses dados foram submetidos a uma análise de variância paramétrica acompanhada do Teste de Tukey (com $p \leq 0,05$) para verificar se foram significativamente distintos na topossequência (áreas planas com água, encosta e topo). Posteriormente, foi realizada uma análise de regressão linear múltipla (com $p \leq 0,05$) para verificar as correlações entre riqueza, diversidade e as variáveis químicas do solo. No processamento de todos os dados deste estudo foram usados os seguintes softwares: Excel (MICROSSOFT, 2018) e Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

Resultados e discussão

Variáveis abióticas ao longo da topossequência

Os fatores abióticos (variáveis químicas do solo) submetidos à análise de variância e ao Teste de Tukey ($p \leq 0,05$) mostraram que não ocorreram diferenças significativas desses fatores abióticos nos três tratamentos (parcelas planas com água, encosta e topo) em Itapirema, Piedade e Zambana (Tabela 1).

As cotas de altitudes dos ambientes estudados (Tabela 2) revelaram que nas áreas planas com água a maior cota de altitude foi encontrada no fragmento de mata de Piedade, e a menor no fragmento de mata do Zambana. Nas áreas de encosta, a maior

cota foi encontrada no fragmento de mata do Zambana, e a menor no fragmento de mata de Piedade. Nas áreas do topo, a maior cota foi detectada no fragmento de mata de Piedade, e a menor cota no fragmento de mata de Itapirema.

Variáveis bióticas e abióticas ao longo da topossequência

A Tabela 3 mostra os valores das variáveis independentes (abióticas - solo) e as variáveis dependentes (bióticas - riqueza e diversidade de espécies) nas topossequências estudadas. Os modelos gerados pela análise de regressão multivariada entre aquelas variáveis mostraram baixos valores de coeficiente de correlação, tanto para riqueza como para diversidade.

Os valores da riqueza de espécies e das variáveis químicas do solo (Tabela 3) submetidos a uma regressão linear múltipla mostraram os seguintes resultados (Tabela 4): a) baixa correlação entre a riqueza e as variáveis químicas, o que pode ser observado pelo $R^2(0,61)$; b) correlação entre riqueza e variáveis químicas fora do limite de significância expresso pelo F de significação maior que 0,05 (0,10), revelando assim que variáveis químicas analisadas não estão diretamente relacionadas com a riqueza; c) confirmação de que variáveis químicas analisadas não estão diretamente relacionadas com os valores obtidos da riqueza de espécies, pois os valores de “p” do pH, do Al, do P e do K foram maiores do que 0,05.

Os valores da diversidade de espécies e das variáveis químicas do solo (Tabela 3) submetidos a uma regressão linear múltipla

Tabela 1. Valores das variáveis químicas do solo em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Topossequência	pH			Al (cmolc/dm ³)			P (mg/dm ³)			K (cmolc/dm ³)		
	I	P	Z	I	P	Z	I	P	Z	I	P	Z
Planas com água	5,40	3,90	3,80	0,40	1,40	2,05	2,00	2,00	2,00	0,05	0,18	0,15
Planas com água	5,40	4,00	3,70	0,50	0,75	1,80	2,00	2,00	2,00	0,03	0,39	0,12
Planas com água	4,70	4,30	3,80	2,50	0,50	1,45	3,00	3,00	1,00	0,13	0,12	0,08
Planas com água	4,70	3,40	4,50	1,40	2,40	0,30	2,00	2,00	1,00	0,07	0,13	0,07
Planas com água	4,90	4,40	4,30	0,90	1,00	0,75	2,00	4,00	1,00	0,06	0,19	0,10
Média	5,02a	4,00a	4,02a	1,14a	1,21a	1,27a	2,20a	2,60a	1,40a	0,07a	0,20a	0,10a
Encosta	4,60	3,60	3,50	0,80	2,65	1,35	1,00	2,00	2,00	0,04	0,17	0,03
Encosta	4,90	3,70	4,00	0,30	1,70	1,30	2,00	1,00	1,00	0,04	0,09	0,04
Encosta	4,50	4,00	4,70	0,85	1,50	0,20	2,00	2,00	1,00	0,04	0,17	0,07
Encosta	4,30	3,70	4,40	0,75	1,50	0,45	1,00	2,00	1,00	0,02	0,09	0,06
Encosta	4,30	3,90	4,50	0,95	0,85	0,30	1,00	2,00	1,00	0,03	0,08	0,06
Média	4,52a	3,78a	4,22a	0,73a	1,64a	0,72a	1,40a	1,80a	1,20a	0,03a	0,12a	0,05a
Topo	5,00	3,80	4,10	0,65	0,75	0,80	1,00	1,00	2,00	0,04	0,03	0,05
Topo	4,70	3,70	3,70	0,90	0,90	1,30	2,00	1,00	2,00	0,04	0,03	0,03
Topo	5,00	3,70	3,70	0,55	1,05	1,00	2,00	1,00	1,00	0,05	0,03	0,04
Topo	4,90	3,80	3,60	0,50	0,75	1,35	1,00	1,00	2,00	0,04	0,02	0,03
Topo	5,00	3,50	4,10	0,50	1,65	0,50	1,00	2,00	1,00	0,04	0,04	0,03
Média	4,92a	3,70a	3,84a	0,62a	1,02a	0,99a	1,40a	1,20a	1,60a	0,04a	0,03a	0,04a

I=Fragmento de mata de Itapirema; P=Fragmento de mata de Piedade; Z=Fragmento de mata do Zambana; pH=Potencial de Hidrogênio do solo; Al=Alumínio; P=Fósforo; K=Potássio. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 2. Valores médios das cotas de altitude (metros) em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Topossequência	Fragmento de Mata de Itapirema	Fragmento de Mata de Piedade	Fragmento de Mata do Zambana	Média geral (m)
Plano com água	45	56	40	47
Encosta	79	63	99	80
Topo	100	147	128	125

Tabela 3. Médias da riqueza e diversidade de espécies e das variáveis químicas do solo das topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Topossequências	Riqueza	Diversidade	pH	Al	P	K
Plano-Itapirema	7,0	4,6	5,02	1,14	2,20	5,02
Plano-Piedade	5,6	4,9	4,00	1,21	2,60	4,00
Plano-Zambana	5,8	4,3	4,02	1,27	1,40	4,02
Encosta-Itapirema	6,8	5,8	4,52	0,73	1,40	4,52
Encosta-Piedade	4,0	3,3	3,78	1,64	1,80	3,78
Encosta-Zambana	6,6	5,1	4,22	0,72	1,20	4,22
Topo-Itapirema	7,2	5,9	4,92	0,62	1,40	4,92
Topo-Piedade	6,4	6,0	3,70	1,02	1,20	3,70
Topo-Zambana	6,0	4,2	3,84	0,99	1,60	3,84

mostraram os seguintes resultados (Tabela 5): a) fraca correlação entre a diversidade e as variáveis químicas, fraqueza que pode ser observada pelo $R^2(0,30)$; b) correlação entre diversidade e as variáveis químicas fora do limite de significância expresso pelo F de significação maior que 0,05 (0,28), revelando assim que as variáveis químicas (variáveis independentes) não estão diretamente relacionadas com a diversidade (variável dependente); c) confirmação de que as variáveis químicas do solo analisado não estão diretamente relacionadas com os valores da diversidade de espécies, pois os valores de “p” do pH, do Al, do P e do K foram maiores do que 0,05.

Diversidade alfa ao longo da topossequência

A curva do coletor (espécie-área) mostrou que o delineamento experimental atendeu à suficiência (esforço) amostral nas três repetições dos tratamentos, pois a assintota mostra a estabilidade da curva de riqueza de espécies com o número de parcelas lançadas (15 parcelas) em cada repetição dos tratamentos (Figura 2).

Nos fragmentos de matas estudadas, foram registrados 605 indivíduos arbóreos distribuídos em 29 famílias e 48 espécies (Tabela 6). No fragmento de mata de Itapirema, foram anotadas 20 famílias e 31 espécies, em um total de 256 indivíduos. No fragmento de mata de Piedade, 21 famílias e 27 espécies, em um total de 148 indivíduos. No fragmento de mata do Zambana, 21 famílias e 27 espécies, em um total de 201 indivíduos. De um modo geral, o maior número de indivíduos foi encontrado nas áreas planas com água, com exceção do topo de Itapirema (Tabela 6).

Os resultados da análise da diversidade alfa não comprovaram a previsão de que seriam encontradas menor riqueza e diversidade de espécies nas áreas planas com água da topossequência, nem

Tabela 4. Parâmetros da regressão linear múltipla da riqueza em relação às variáveis químicas do solo em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Parâmetros	Valores
R ² ajustado	0,61
F de significação	0,10
p do pH	0,42
p do Al	0,18
p do P	0,63
p do K	0,50

Tabela 5. Parâmetros da regressão linear múltipla da diversidade em relação às variáveis químicas do solo em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Parâmetros	Valores
R ² ajustado	0,30
F de significação	0,28
p do pH	0,80
p do Al	0,14
p do P	0,84
p do K	0,94

a previsão de que haveria relação entre os teores dos nutrientes e a riqueza e a diversidade. Quando se avalia estatisticamente os valores médios da Série de Hill em termos de riqueza e diversidade de espécies (Tabela 7) pela análise de Kruskal-Wallis (Tabela 8) das topossequências, apenas na Mata de Piedade foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos,

Tabela 6. Lista florística e abundância das espécies em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Famílias	Espécies	Abundância de espécies por mata e por área da topossequência								
		Mata de Itapirema			Mata de Piedade			Mata de Zambana		
		P	E	T	P	E	T	P	E	T
Fabaceae	<i>Abarema cochliacarpus</i> (Gomes) Barneby & J.W.Grimes	0	1	1	0	0	0	0	3	1
Fabaceae	<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico	1	1	0	2	0	0	6	0	0
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> L.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0	1	0	0	0	1	0	1	2
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	0	0	1	0	1	9	0	0	0
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	1	1	5	0	0	0	0	1	3
Myrtaceae	<i>Calyptanthus brasiliensis</i> Spreng.	0	0	0	12	11	1	0	0	0
Calophyllaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Mart	44	0	0	13	9	0	11	0	1
Caryocaraceae	<i>Caryocar edule</i> Casar.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	2	0	0	1	0	0	2	0	0
Clusiaceae	<i>Clusia cf. nemorosa</i> G.Mey	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae	<i>Clusia parvicola</i> G. Mariz	3	2	0	0	0	0	2	8	4
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i> Casar	0	3	2	0	0	0	1	5	3
Boraginaceae	<i>Cordia nodosa</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	0	0	4	1	1	2	0	1	0
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam									
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Nyctaginaceae	<i>Guappira opposita</i> (Vell.) Reitz	0	0	0	0	0	1	0	7	1
Annonaceae	<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae	<i>Himantus bracteatus</i> (A. DC.) Woodson	11	6	3	0	0	2	1	0	3
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Ochnaceae	<i>Ouratea cf. castaneifolia</i> (DC.) Engl	0	6	1	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	0	1	2	0	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.	0	0	0	0	0	2	0	5	0
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i> Mart.	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Sapotaceae	<i>Manilkara salzmannii</i> (A. DC.) H. J. Lam	2	1	0	0	0	6	0	0	1
Celastraceae	<i>Maytenus distichophylla</i> Mart. ex Reissek	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Myrtaceae	<i>Myrcia bergiana</i> O. Berg	1	0	9	0	0	0	0	0	0
Lauraceae	<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	0	0	0	2	2	0	0	2	0
Fabaceae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Violaceae	<i>Paypayrola blanchetiana</i> Tul	0	0	0	1	0	1	2	0	0
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Zygia cauliflora</i> (Willd.) Killip									
Peraceae	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	1	16	3	0	0	3	0	10	3
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk	0	0	0	0	0	5	0	0	0
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	1	3	23	0	0	3	0	0	0
Fabaceae	<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire	1	1	2	3	4	0	7	0	0
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl	0	0	0	5	2	0	3	0	0
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.F.	7	0	0	5	6	0	44	0	0
Bignoniaceae	<i>Tabebuia avellanedae</i> Lorentz ex Griseb.	0	0	0	0	0	0	0	6	0
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	2	24	8	7	1	2	2	3
Anacardiaceae	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	0	3	5	0	0	4	0	16	12
Myristicaceae	<i>Virola gardneri</i> (A.DC) Warb.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Subtotal	100	53	103	56	48	44	86	73	42
	Total		256		148		201			

P = Plano com água; E = Encosta; T = Topo.

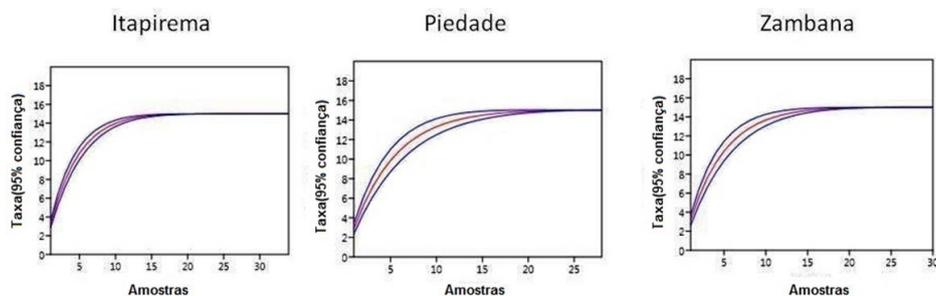
**Figura 2.** Curva do coletor (espécie-área) em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Tabela 7. Valores médios da Série de Hill (riqueza, diversidade e dominância de espécies) em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Série de Hill	Fragmento de Mata de Itapirema			Fragmento de Mata de Piedade			Fragmento de Mata do Zambana		
	Plano com água	Encosta	Topo	Plano com água	Encosta	Topo	Plano com água	Encosta	Topo
Riqueza	7,0	6,8	7,2	5,6	4,0	6,4	5,8	6,6	6,0
Diversidade	4,6	5,8	5,9	4,9	3,3	6,0	4,3	5,1	4,2
Dominância	3,4	5,2	5,0	4,3	2,9	5,7	3,4	4,3	3,3

ocorrendo a menor riqueza, diversidade e dominância de espécies nas áreas de encosta.

A comparação dos nossos resultados com a literatura que também utilizou a Série de Hill ou empregou técnicas de rarefação na análise da distribuição de plantas arbóreas em topossequência, revelou padrões distintos do encontrado neste trabalho. Por exemplo, Carvalho et al. (2009), em estudo de Floresta Ombrófila, relataram menor diversidade de espécies nas áreas mais baixas da topossequência, onde registraram, como na área de estudo, maior saturação de Al. Resultados semelhantes foram encontrados por Matos (2012), Caglione et al. (2015), Rezende et al. (2015); Souza et al. (2015), Grasel et al. (2020).

As comparações acima apresentadas indicam claramente um padrão distinto do nosso trabalho, uma vez que a maioria dos trabalhos consultados registra menor riqueza e diversidade nas áreas mais baixas, onde geralmente há cursos de água, como na área de estudo, situação que exige adaptações morfofisiológicas das plantas para que se desenvolvam sob inundação, onde o suprimento de oxigênio é precário (GRANDIS et al., 2010; LUO et al., 2016; ARTUSI et al., 2020). Assim, podemos concluir que, nas áreas estudadas, riqueza e diversidade alfa parecem não responder à heterogeneidade de habitats.

Diversos autores destacam que os fatores bióticos podem atuar em conjunto com os fatores abióticos no processo de montagem de comunidades, e que é muito difícil separá-los e individualizá-los para explicar a influência desses fatores na montagem da comunidade (XU et al., 2017; SOUZA et al., 2017; MÜNKEMÜLLER et al., 2020). Assim, a pesquisa revelou que os fatores abióticos isolados não são suficientes para entender a diversidade alfa dos ambientes da topossequência da Floresta Ombrófila estudada.

Diversidade beta ao longo da topossequência

Os resultados do particionamento da diversidade beta (Tabela 9) revelaram que o processo de *turnover* se repetiu nos três tratamentos (parcelas planas com água, encosta e topo). Isto significa que aquele processo é o principal fator gerador da diversidade beta (existindo apenas uma pequena fração derivada do agrupamento de espécies) e, assim, os filtros abióticos (restrições ambientais, geográficas ou espaciais e temporais) não identificados nesta pesquisa podem estar promovendo a estruturação da diversidade beta dessas comunidades. O *turnover* revela ainda que enquanto determinadas condições e gradientes ambientais não são tolerados por algumas espécies, outras espécies podem tolerar as mesmas condições, ou seja, podem substituir, ocasionando assim a substituição de espécies

Tabela 8. Resultados da análise de Kruskal-Wallis dos valores médios da Série de Hill encontrados em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil.

Locais	Parâmetros da análise Kruskal-Wallis	
	H (χ^2)	p
Itapirema	1,16	0,56 ^{ns}
Piedade	7,20	0,03*
Zambana	1,41	0,49 ^{ns}

Onde: ns = não significativo ($p \geq 0,05$). * = significativo ($p \leq 0,05$).

(BASELGA, 2010), sendo importante salientar que interações competitivas entre as espécies também podem proporcionar *turnover* (MÜNKEMÜLLER et al., 2020).

O particionamento da diversidade beta (Tabela 9) mostrou que a maior similaridade (β_{sor}) ocorreu nas áreas planas com água para os fragmentos de matas de Piedade e Zambana e nas áreas de encosta para o fragmento de mata de Itapirema. Já a menor dissimilaridade (β_{jac}) ocorreu nas áreas de encosta para os fragmentos de matas de Piedade e Zambana. No fragmento de mata de Itapirema, a dissimilaridade foi menor nas áreas do topo. A maior taxa de aninhamento (β_{nes}) foi encontrada nas áreas planas com água dos fragmentos de matas de Piedade e Zambana, e no fragmento de mata de Itapirema, a taxa de aninhamento foi semelhante nas áreas planas com água, encosta e topo.

Os resultados da nossa pesquisa mostraram que nos fragmentos de matas de Piedade e Zambana a menor diversidade beta ocorreu na área plana com água. Padrão distinto do relatado para o fragmento de mata de Itapirema, onde menor diversidade beta foi encontrada nas áreas de encosta.

Das três topossequências estudadas, dois fragmentos (Matas de Piedade e Zambana) apresentaram um padrão semelhante ao relatado por Gomes et al. (2020) em Mata Atlântica em Santa Catarina, onde registraram menor diversidade beta nas áreas mais baixas da topossequência. Os autores relataram que essa baixa diversidade beta está associada à filtragem ambiental (baixas temperaturas e umidade relativa perto de 100%). Assim, podemos presumir que menor diversidade beta encontrada nas áreas planas com água (nos fragmentos de matas de Piedade e Zambana) e nas áreas de encosta (fragmento de mata de Itapirema) pode ser consequência da atuação de filtragem ambiental causada por fatores abióticos, como, por exemplo, umidade do solo (MÜNKEMÜLLER et al., 2020). Todavia, o fato de a área plana com água de Itapirema não seguir o mesmo padrão de diversidade beta das demais matas permanece desconhecido.

Tabela 9. Diversidade beta em topossequências de fragmento de Floresta Ombrófila em Pernambuco, Brasil

Áreas da topossequência	Itapirema			Piedade			Zambana		
	β_{sor}	β_{jac}	β_{nes}	β_{sor}	β_{jac}	β_{nes}	β_{sor}	β_{jac}	β_{nes}
Plana com água	0,61	0,50	0,12	0,55	0,43	0,12	0,68	0,54	0,13
Encosta	0,67	0,55	0,12	0,33	0,28	0,05	0,36	0,30	0,06
Topo	0,52	0,41	0,12	0,50	0,39	0,11	0,49	0,38	0,11

Conclusões

A diversidade taxonômica das comunidades arbóreas de fragmentos de Floresta Ombrófila estudadas não comprovou a previsão inicial de que seriam encontradas menor riqueza e diversidade de espécies nas áreas mais baixas e planas com água, onde haveria baixos teores de fósforo e potássio e com alta saturação de alumínio e baixo pH, como registrado na maioria dos trabalhos analisados. Além disso, este estudo comprovou a relação da diversidade beta com a heterogeneidade de hábitat, pois o processo de *turnover* é predominante nas comunidades analisadas, sinalizando assim que outros fatores abióticos não identificados nesta pesquisa podem estar atuando no processo de montagem de comunidades, ou que fatores bióticos também estejam envolvidos.

Referências

- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CPRH. **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife: CPRH, 2003. 214 p.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA - APAC. **Sistema de geoinformação hidrometeorológico de Pernambuco**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighepe/>>. Acesso em 15 jul. 2021.
- Alvares, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, p. 711-728, 2013. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Artusi, A. C. et al. Respostas morfológicas ao alagamento em espécies arbóreas de florestas ribeirinhas subtropicais brasileiras. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 75, p. 1-7, 2020. <http://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020001>.
- Baldeck, C. A. et al. Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. **Proceedings. Biological Sciences**, London, v. 280, p. 1-7, 2013. <http://doi.org/10.1098/rspb.2012.2532>.
- Baselga, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 19, p. 134-143, 2010. <http://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>.
- Begon, M. et al. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 759 p. Disponível em <http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Ecology-From-Individuals-to-Ecosystems-by-Michael-Begon--2006-.pdf> Acesso em 24 fev. 2021.
- Bilia, C. G. et al. Influência da heterogeneidade ambiental sobre os atributos da comunidade de Chironomidae em lagoas de inundação neotropicais. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 105, p. 20-27, 2015. <http://doi.org/10.1590/1678-4766201510512027>.
- Botrel, R. T. et al. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma Floresta Estacional Semidecidual em Ingaí, MG. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 25, p. 195-213, 2002. <http://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>.
- Braga, C. et al. Metacomunidades: uma introdução aos termos e conceitos. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 108-118, 2017. <http://doi.org/10.4257/oeco.2017.2102.02>.
- Budke, J. C. et al. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucara, Southern Brazil. **Plant Ecology**, Berlin, v. 189, p. 187-200, 2007. <http://doi.org/10.1007/s11258-006-9174-8>.
- Caglione, E. et al. Estrutura e diversidade do componente arbóreo de Floresta Atlântica no Parque Nacional da Serra do Itajaí, Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 289-302, 2015. <http://doi.org/0.5380/rf.v45i2.33499>.
- Campos, M. C. C. et al. Topossequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, p. 387-398, 2012. <http://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300011>.
- Carvalho, J. et al. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 23, p. 1-9, 2009. <http://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100002>.
- Chao, A. et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, Lancaster, v. 84, p. 45-67, 2014. <http://doi.org/10.1890/13-0133.1>.
- CLIMATE-DATA. **Clima: Pernambuco**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 26 maio 2018.
- Cubino, J. P. et al. Plant taxonomic and phylogenetic turnover increases toward climatic extremes and depends on historical factors in European beech forests. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 31, p. 1-12, 2021. <http://doi.org/10.1111/jvs.12977>.
- Eiserhardt, W. L. et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): Determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, Oxford, v. 108, p. 1391-1416, 2011. <http://doi.org/10.1093/aob/mcr146>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 18 p. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 26 maio 2018.
- Gomes, J. P. et al. Beta diversity as an indicator of priority areas for Myrtaceae assemblage conservation in Subtropical Araucaria Forest. **Biodiversity and Conservation**, New York, v. 29, p. 1361-1379, 2020. <http://doi.org/10.1007/s10531-020-01940-8>.
- Grandis, A. et al. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 33, p. 1-12, 2010. <http://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100002>.
- Grasel, D. et al. Tree community patterns along pond-upland topographic gradients, upper Uruguay River basin, southern Brazil. **Folia Geobotanica**, Dordrecht, v. 55, p. 109-126, 2020. <http://doi.org/10.1007/s12224-020-09368-2>.
- Guerra, T. N. V. et al. Influence of edge and topography on the vegetation in an Atlantic Forest remnant in northeastern Brazil. **Journal of**

- Forest Research**, Los Angeles, v. 18, p. 200-208, 2012. <http://doi.org/10.1007/s10310-012-0344-3>.
- Hammer, O.; HARPER, D. A. T., RYAN, P. D. Past: paleontological statistic software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm> Acesso em 20 jan. 2019.
- HERBÁRIO VIRTUAL. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>>. Acesso em 15 jul. 2021.
- Hillerislambers, J. et al. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 43, p. 227-248, 2012. DOI: 10.1146/annurev-evolsys-110411-160411.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. **Catálogo das áreas das estações experimentais do IPA**. Recife: IPA, 2015. 44 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.
- Juhász, C. E. et al. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 401-412, 2006. <http://doi.org/10.1590/S0100-06832006000300002>.
- Luo, F. L. et al. Responsiveness of performance and morphological traits to experimental submergence predicts field distribution pattern of wetland plants. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 27, p. 340-351, 2016. <http://doi.org/10.1111/jvs.12352>.
- Magnago, L. F. S. et al. Structure and diversity of restingas along a flood gradient in southeastern Brazil. **Acta**, Brasília, v. 27, p. 801-809, 2013. <http://doi.org/10.1590/S0102-33062013000400020>.
- Magurran, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, 2013, 261 p.
- Matos, F. A. R. **Gradiente e diversidade numa Floresta Atlântica primária do Sul da Bahia**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2538/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2021.
- Mendes, D. S. O. et al. Os solos e geoambientes das campinaranas amazônicas: relação genética entre os geoambientes e a evolução da paisagem em um transecto na bacia do Alto Rio Negro, Amazônia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, p. 547-559, 2017. <http://doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1192>.
- Menezes, B. S. et al. Montagem de comunidades: conceitos, domínio e estrutura teórica. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 1-17, 2016. <http://doi.org/10.4257/oeco.2016.2001.01>.
- MICROSOFT. **Excel, microsoft corporation**. Washington: Microsoft, 2018. 1 CD-ROM.
- Münkemüller, et al. Dos and don'ts when inferring assembly rules from diversity patterns. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 29, p. 1-18, 2020. <http://doi.org/10.1111/geb.13098>.
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 10, p. 58-62, 1995. [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6).
- Nunes, et al. **Grupo barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 31 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Solos, 194). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 20 jan. 2019.
- Pereira, S. S. et al. Caracterização de atributos de solos ao longo de uma topossequencia em ambiente de Campinarana na Amazônia Sul Ocidental, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, p. 90-101, 2020. <http://doi.org/10.14393/RCG217550732>.
- Presley, S. J.; HIGGINS, C. L.; WILLIG, M. R. A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure. **Oikos**, Copenhagen, v. 119, p. 908-917, 2010. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18544.x>.
- Rezende, V. L. et al. Tree species composition and richness along altitudinal gradients as a tool for conservation decisions: the case of Atlantic Semideciduous Forest. **Biodiversity and Conservation**, New York, v. 24, p. 2149-2163, 2015. <http://doi.org/10.1007/s10531-015-0939-z>.
- ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW. Disponível em <<http://www.plantsoftheworldonline.org>>. Acesso em 24 fev. 2021.
- Silva, A. C. B. L. **Influência da área e da heterogeneidade de habitats na diversidade vegetal em fragmentos de Floresta Atlântica**. 2010. 181f. Tese (Doutorado em Ecologia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/>>. Acesso em 12 dez. 2020.
- Siqueira, C. C.; Rocha, C. F. D. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 282-302, 2013. <http://doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.09>.
- Souza, K. et al. Estrutura e estratégias de dispersão do componente arbóreo de uma floresta subtropical ao longo de uma topossequência no Alto-Uruguai. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 321-332, 2015. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap08.pdf>> Acesso em 13 ago. 2021.
- Souza, K. et al. Partição de nicho por grupos funcionais de espécies arbóreas em uma floresta subtropical. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 68, p. 1165-1175, 2017. <http://doi.org/10.1590/2175-7860201768401>.
- Terra, M. C. N. S. et al. Influência topo-edafo-climática na vegetação de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira, MG. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, p. 928-942, 2015. <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.1705>.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP et al. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, London, v. 181, p. 1-20, 2016. <http://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Vianna, L. F. N. et al. Aplicação de descritores de heterogeneidade ambiental na seleção de áreas para sistemas de parcelas amostrais: um estudo de caso para a determinação de hotspots potenciais de biodiversidade. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. 2, p. 211-239, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em 03 fev. 2021.
- Vieira, S. **Bioestatística: tópicos avançados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 278 p.
- Whittaker, R. H. Gradient analysis of vegetation. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 40, p. 207-264, 1967. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1967.tb01419.x>.
- Xu, J. et al. Using phylogeny and functional traits for assessing community assembly along environmental gradients: A deterministic process driven by elevation. **Ecology and Evolution**, Oxford, v. 7, p. 5056-5069, 2017. <http://doi.org/10.1002/ecc3.3068>.
- Zimmermann, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014. 582 p.

Recebido: 16 mar. 2023
Aceito em: 23 abr. 2024