



Influência das classes pedológicas na fitofisionomia e estrutura florestal

Juliano Cordeiro^{1*}, Román Carlos Ríos¹, Carlos Vellozo Roderjan¹, Gustavo Ribas Curcio²

¹Universidade Federal do Paraná, Rua Pioneiro, 2153, CEP 85950-000, Palotina, PR, Brasil

²Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP. 318, CEP 83511-000, Colombo, PR, Brasil

*Autor correspondente:
julianocordeiro@ufpr.br

Termos para indexação:

Floresta com Araucária
Fator ambiental
Pedoambiente

Index terms:

Araucaria Forest
Environmental factor
Pedoenvironment

Histórico do artigo:

Recebido em 12/10/2021
Aprovado em 14/08/2024
Publicado em 13/12/2024

Resumo - Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da categorização pedológica na fitofisionomia e estrutura de uma área de Floresta Ombrófila Mista na região central do Paraná. Foram selecionados quatro pedoambientes com base em variações geomorfológicas, pedológicas e fitofisionômicas. O levantamento fitossociológico foi realizado com a alocação de 80 parcelas de área fixa de 100 m², (diâmetro $\geq 4,7$ cm). As espécies *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg., *Muelleria campestris* (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo, *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg e *Eugenia uniflora* L., foram as mais representativas nos quatro pedoambientes, pelos valores de VI. O pedoambiente Frontal/Cambissolo Háptico se diferenciou dos demais pela sua composição florística, estrutura horizontal e área basal. Os pedoambientes com solos semi-hidromórficos apresentaram um conjunto diferenciado de espécies com indivíduos de menor porte e área basal e com o predomínio de *G. klotzschiana*. A categorização evidenciou que as espécies arbóreas não se distribuem uniformemente no ambiente florestal, onde a ocorrência e o porte dos indivíduos variaram conforme mudaram as características dos pedoambientes. Os fatores relacionados à geomorfologia, pedologia e fitofisionomia influenciaram a distribuição e estrutura da vegetação, devendo ser considerados no planejamento e gestão de projetos que visem à restauração da flora.

Influence of pedological classes on phytophysionomy and forest structure

Abstract - The objective of this study was to evaluate the influence of pedological categorization on the phytophysionomy and structure in a fragment of Araucaria Forest in the central region of Paraná. Four pedoenvironments were selected based on geomorphological, pedological and phytophysionomic variations. The phytosociological survey was carried out with the allocation of 80 plots of fixed area of 100 m² (diameter ≥ 4.7 cm). The species *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg., *Muelleria campestris* (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo, *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg and *Eugenia uniflora* L. were the most representative in the four pedoenvironments, considering their VI values. The Front/Inceptisol pedoenvironment differed from the others based on the floristic composition, horizontal structure and basal area. The pedoenvironments with semi-hydromorphic soils presented different set of species with smaller individuals and basal area and the predominance of *G. klotzschiana*. The categorization showed that tree species are not evenly distributed in the forest environment, where the occurrence and size of individuals varied as the characteristics of the pedoenvironments changed. The factors related to geomorphology, pedology and phytophysionomy influenced the distribution and structure of vegetation and should be considered in the planning and management of projects aimed at restoring the flora.



Introdução

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) integra o conjunto florestal do bioma Mata Atlântica, se destacando na paisagem pela fisionomia muito particular dada pela arquitetura marcante de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze. No Paraná, esse tipo de floresta recobria originalmente 37% do território. Dados de IPARDES (2017) mostraram que sua área foi reduzida a 4,8%, estando seus remanescentes em status de conservação preocupante, com fragmentos em meio às matrizes de cultivos agropecuários e silviculturais.

As maiores áreas de FOM neste estado concentram-se na região centro-sul, com remanescentes em estágio secundário de desenvolvimento devido às intervenções decorrentes do processo de colonização a partir da segunda metade do século XX (Serviço Florestal Brasileiro, 2018). Como a região centro-sul se localiza, em sua maior parte, no Terceiro Planalto paranaense, as características ambientais como altitude, médias térmicas, geadas, precipitação pluviométrica e solos podem, de acordo com Gallery (2014), contribuir para a ocorrência de diferenças tanto florísticas quanto estruturais da vegetação (Neri et al., 2017).

A caracterização geral da FOM nos estados sul-brasileiros pode ser encontrada em estudos como Gasper et al. (2013) e Callegaro et al. (2015), enquanto Maçaneiro et al. (2019) e Sevegnani et al. (2019) visaram correlacionar a influência dos fatores ambientais sobre a diversidade arbórea e a estrutura dos remanescentes florestais. No Paraná, as pesquisas que foram realizadas contemplaram a flora e a fitossociologia dessas florestas (Scheer & Blum, 2011), que se localizavam em sua maioria nas regiões do 1º e 2º planaltos paranaenses (Sawczuk et al., 2014; Lipinski et al., 2017). Por outro lado, existe uma quantidade reduzida de estudos sobre como as características ambientais, por exemplo a profundidade do lençol freático e níveis de hidromorfia do solo, fatores geomorfológicos (Curcio et al., 2007) e propriedades físico-químicas de diferentes tipos de solos (Carvalho et al., 2009), influenciam a florística e a estrutura das espécies arbóreas da FOM.

A categorização do ambiente se constitui em requisito essencial para o entendimento da distribuição e ocupação das espécies nas paisagens naturais e, de acordo com Curcio et al. (2007), se relacionam diretamente com as características físicas e químicas do ambiente e da escala espacial utilizada. Atributos ligados ao relevo e aos

solos são considerados fundamentais para a delimitação de áreas que apresentam as mesmas características. Segundo Ansolin et al. (2016), o desenvolvimento de pesquisas abordando como ocorrem as relações entre espécies e o ambiente são fundamentais para o acervo de conhecimentos sobre a origem, distribuição e evolução dos remanescentes florestais. Para Kersten et al. (2015), muito se tem avançado nos estudos sobre a FOM nas últimas décadas, porém existem lacunas a serem preenchidas, principalmente sobre como as espécies arbóreas ocorrem e se distribuem em curtos gradientes nos quais predominam variações ambientais diversas, como mosaico pedológico, espessura do perfil do solo, regime de drenagem, condições químicas, físicas e topográficas.

Considerando que mesmo as pequenas áreas apresentam condições ambientais heterogêneas, a categorização ambiental pode revelar a existência de diferenças na estrutura florestal. Em caso afirmativo, a vegetação pode revelar como o ambiente atua sobre sua fisionomia e estrutura. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da categorização ambiental na composição arbórea e na estrutura de uma área de Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, Brasil.

Material e métodos

Foi estudado o fragmento de Floresta Ombrófila Mista (FOM) na Fazenda Três Capões, localizada no município de Guarapuava, PR (25°25'18" S e 51°41'45" W), que apresenta área total de 913 ha (Figura 1). O fragmento estudado não possui histórico de exploração de madeira nos últimos 60 anos, mas não se pode descartar que essa atividade tenha ocorrido em décadas anteriores, pelo fato da propriedade ter seu entorno ocupado por exploração agropecuária. A região se enquadra na subunidade geomorfológica do Planalto de Palmas/Guarapuava.

A paisagem é composta por feições geomorfológicas de topos, rampas retilíneas, convexas e de pente curta, cabeceiras de drenagem e planície aluvial. As cotas altimétricas variam de 960 m na borda da floresta com o campo natural a 935 m na área da planície. As classes de relevo se alteram de suave ondulado a escarpado. O clima é tipo Cfb com valores médios anuais de temperatura 17,1 °C, precipitação = 1.935 mm, distribuídos em 144 dias de chuva ano, e umidade relativa do ar = 77,2% (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, 2020).

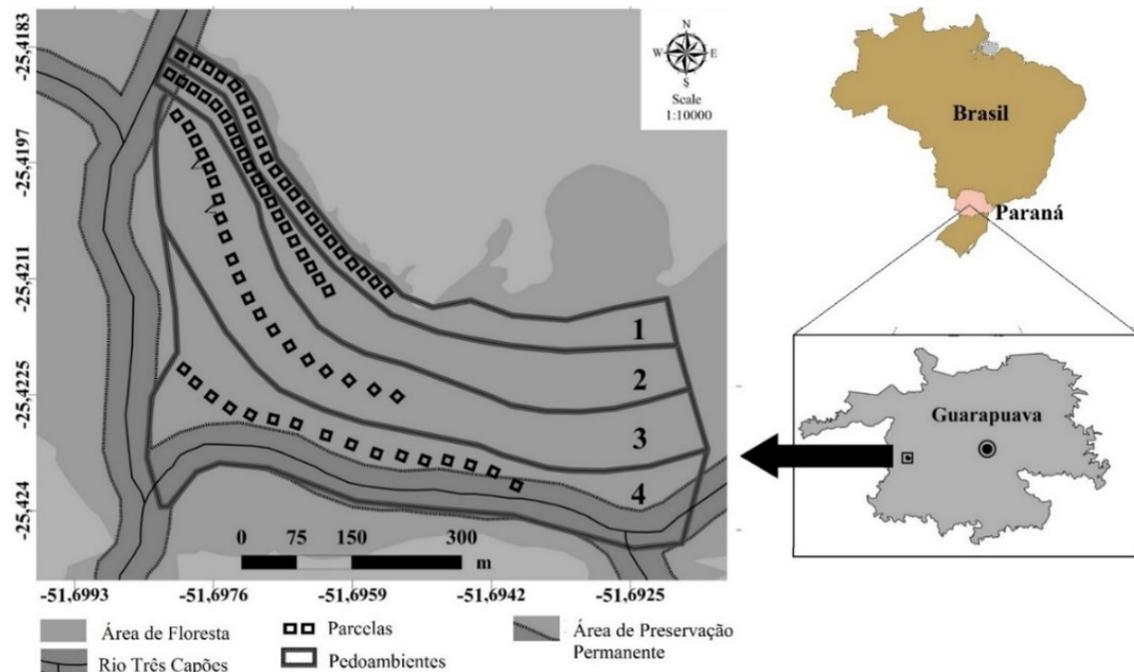


Figura 1. Localização da fazenda Três Capões, Guarapuava, PR e posição dos pedoambientes e distribuição das parcelas.
Figure 1. Location of the “Três Capões” farm, Guarapuava, Paraná State, Brazil and position of the pedoenvironmental and distribution of plots.

A categorização da floresta em diferentes ambientes foi realizada seguindo critérios qualitativos de ordens de solos, regime de hidromorfia, classes de drenagem, tipos de rampas e formas de relevo, posição na paisagem, fitofisionomia florestal e estágios sucessionais (Curcio et al., 2007). Para os solos, procurou-se realizar a classificação até o 4º nível categórico, visando relacionar outros atributos pedológicos que também estão presentes nos diferentes pedoambientes. Mesmo que esses níveis categóricos não tenham sido descritos na caracterização com maior rigor, eles refletem diferenças pedológicas, sendo a fertilidade representada no 3º nível categórico.

Para o levantamento florístico e da estrutura do componente arbóreo, foram alocadas 80 unidades amostrais de área fixa de 10 x 10 m, distribuídas nos quatro ambientes identificados na área. A separação entre os ambientes foi dada a partir da correta distinção da ordem de solos predominante em cada um deles. A quantidade de parcelas por ambiente foi definida pela média corrente de espécies (Rodal et al., 2013), com distância mínima de 10 m entre elas dentro do mesmo ambiente. Em cada parcela, todos os indivíduos arbóreos que apresentaram diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) \geq 4,7 cm foram identificados e suas alturas estimadas com ajuda de vara telescópica. A nomenclatura

botânica foi verificada nos arquivos da Flora do Brasil (Flora do Brasil 2020, 2022). A estrutura da comunidade arbórea foi descrita a partir do cálculo dos descritores quantitativos clássicos e os indivíduos mortos em pé foram reunidos na categoria “mortas”.

A influência das classes de solo sobre a riqueza e abundância das espécies arbóreas foi verificada através de modelos lineares generalizados (MLG). O método foi utilizado em virtude da não normalidade da distribuição dos dados. Os resíduos das análises foram testados utilizando a distribuição da família Quassipoisson para altura, área basal e diâmetro e Poisson para riqueza de famílias, gêneros e espécies e para número de indivíduos com os testes Fisher (F) e teste Qui-quadrado (χ^2). As variáveis dependentes analisadas foram: altura, área basal, diâmetro, riqueza de famílias, gêneros e espécies e a variável independente foi a classe edáfica. Todos os modelos foram avaliados via análise de resíduos, para adequação do modelo e da distribuição de erros (Crawley, 2013) com uso do pacote RT4Bio (Reis Júnior et al., 2015) no software R (R Development Core Team, 2017).

Para encontrar agrupamentos homogêneos, a classificação taxonômica dos indivíduos de cada parcela foi avaliada por meio da análise multivariada *non metric multidimensional scaling* - NMDS em quatro

dimensões ($k=4$) pelo índice de Jaccard e a adequação da ordenação para fins de análise utilizando o valor de “stress”, que serve como indicador da qualidade do ajuste. Esse método de ordenação é não paramétrico e representa os dados por meio de um gráfico de dispersão (Minchin, 1987). A análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) foi aplicada para testar a variação na composição de espécies nos diferentes ambientes. A distância de Jaccard foi utilizada no teste PERMANOVA com 999 permutações. A análise de NMDS foi realizada no R por meio da biblioteca Vegan e uso da função *adonis* para a PERMANOVA (R Development Core Team, 2017).

Resultados

O Pedoambiente Frontal/Cambissolo Háplico (P1) representa a área de contato entre a FOM e os campos seco e úmido. A abertura frontal confere maior exposição aos ventos bem como maior luminosidade, pela incidência lateral dos raios solares, pois a área de campo não oferece barreira à luz, reduzindo a pressão e/ou competição pelos recursos. A feição geomórfica é de rampa convexa de orientação L-W com uma faixa de floresta de 450 m de comprimento e largura variando de 30 a 80 m com área total de 3,1 ha. O formato irregular da área se deve ao recorte do relevo proporcionado por uma fratura geológica horizontal de mesma orientação e linhas de erosão oblíquas ocasionadas pelos cursos d'água de caráter intermitente. Além da linha de fratura, a área sofre a influência da dissecação do arroio Três Capões localizado no limite W. A declividade média calculada foi de $6,1 \pm 1,8\%$, considerado relevo suave ondulado, conforme classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

No P1 ocorre Cambissolo Háplico Tb Distrófico Léptico A chernozêmico textura argilosa com horizonte A de 31 cm de espessura e coloração variando de bruno-acinzentado muito escuro a bruno-escuro, o que revela variações no teor de matéria orgânica. Quando se considera o horizonte B (31–48 cm) esse fator se evidencia, pois ocorre redução de matiz chegando a bruno amarelo escuro. Esse padrão de coloração reflete que o ambiente pertencente à classe moderadamente drenado sazonal. O caráter léptico deve-se ao contato com a rocha não intemperizada antes de 100 cm de profundidade. Este pedoambiente se encontra em final do estágio inicial transicionando para o médio, sendo

observada ocorrência de pastoreio de bovinos próximo às suas margens.

Por se encontrar sob a linha de fraturamento de sentido E-W, o Pedoambiente Pendente Curta/Neossolo Regolítico (P2) consiste numa rampa de pente curta com dimensões de 470 m de comprimento por 30 a 60 m de largura e área de 2,7 ha. Nos pontos de menor largura ocorrem as maiores declividades (53%), surgindo afloramento de rochas e canais intermitentes que recebem do P1 fluxos hídricos temporários intensificando o processo erosivo da rampa onde, em alguns locais, formam-se canais com mais de 1,0 m de profundidade. Nos locais onde o comprimento da rampa é maior, a declividade diminui (31%) e o perfil do solo se torna mais espesso. A declividade média calculada foi de $42,4 \pm 8,3\%$, considerado relevo montanhoso de pente curta, conforme classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

No P2 o predomínio é de Neossolo Regolítico Tb Eutrófico Típico A chernozêmico de textura argilosa. A posição dessa unidade pedológica na paisagem e a resistência natural do material basáltico ao intemperismo fazem com que os solos sejam menos evoluídos, pois os processos de pedogênese são superados pelos de morfogênese. O menor desenvolvimento de seus horizontes pedogenéticos é traduzido por um horizonte A que não ultrapassa 15 cm de espessura de coloração preto, devido ao elevado teor de matéria orgânica. O horizonte B/C fica entre 15–45 cm, com nítida redução da matéria orgânica comprovada e inexistência de influência hídrica, o que o coloca na classe de solo bem drenado. As características deste pedoambiente são de estágio médio a avançado, com registro de pastoreio de bovinos em épocas esporádicas, principalmente no período do inverno.

O P3 foi denominado de Rampa convexa/Latossolo Bruno pela posição em terço final de rampa convexa. As dimensões são de 550 m por 200 m e área de 10,9 ha, com orientação principal no sentido NE-SW. A declividade média calculada foi de $12,9 \pm 2,0\%$ (relevo ondulado). A unidade pedológica é Latossolo Bruno Tb Distrófico Típico A proeminente textura argilosa. Esse tipo de solo apresenta processos de formação ativos, resultando no desenvolvimento de horizontes pedogenéticos bem caracterizados e espessos. A espessura medida para o horizonte A foi de 55 cm. Pela presença e concentração de óxidos de ferro, sua coloração variou de bruno-escuro a bruno-amarelo-escuro, mascarando a cor

da matéria orgânica. O horizonte Bw é reconhecido abaixo dos 71 cm, estendendo-se até além dos 150 cm de profundidade. Pela sua posição no terço final da rampa está livre da influência hídrica, o que o coloca na classe de solo acentuadamente drenado. Por suas características, este pedoambiente encontra-se em estágio sucessional avançado, sendo que em alguns locais podem ser encontrados registros de antigos caminhos que passavam pelo interior da área, contudo, sem sinais de extração de madeira, como presenças de tocos de árvores ou clareiras artificiais.

O Pedoambiente Planície/Cambissolo Húmico (P4) se encontra em uma posição geomórfica de planície aluvial. A área é dissecada no sentido SE-NW por um córrego de caráter meandrante afluente do arroio Três Capões. O caráter aluvial se deve à atividade pretérita do curso d'água, que teve ação mais efetiva na deposição de material e influência na flutuação do lençol freático. Contudo, percebe-se que, pelas ombreiras alçadas do córrego, os eventos de aluvionamento são esporádicos. As dimensões deste pedoambiente chegam a 500 m de comprimento por 180 m de largura e área de 8,8 ha. O relevo foi classificado como plano, com declividade média calculada de $3,0 \pm 2,6\%$.

Neste quarto pedoambiente a unidade pedológica é Cambissolo Húmico Tb Distrófico gleissólico-fluvisólico textura argilosa, sendo que a ausência de ação erosiva proporcionou maior espessura dos horizontes de diagnóstico superficial e subsuperficial.

O horizonte A atingiu uma espessura de 56 cm, com coloração variando de bruno-acinzentado muito escuro a cinzento muito escuro, confirmando incremento de matéria orgânica. O horizonte B foi definido entre 56–99 cm com coloração variando do bruno-escuro a bruno muito escuro. Contudo, na profundidade entre 80–99 cm tem-se a ocorrência de um processo de gleização, indicando a flutuação do lençol freático. Registraram-se deposições de materiais por ação das águas do córrego, que meandra a planície antes de lançar suas águas no arroio Três Capões. O registro das cores acinzentadas no horizonte Big coloca esse solo na classe imperfeitamente drenado. A característica deste pedoambiente é de estágio sucessional avançado. As trilhas de passagem de bovinos se localizam principalmente próximo ao curso d'água. Não foram notados indícios de retirada de madeira ou clareiras, mas registros de possíveis estradas ou caminhos no interior da floresta.

Ao todo foram registrados 1.617 indivíduos de 27 famílias, 43 gêneros e 51 espécies arbóreas (Tabela 1). Quando se considera a floresta de maneira geral quanto à sua estrutura horizontal, as famílias com maior número de espécies e que juntas somaram 47,3% do total de espécies foram Myrtaceae (10), Fabaceae (4), Lauraceae, Rutaceae e Sapindaceae (com 3 espécies cada). As famílias com maior número de indivíduos foram Myrtaceae (556), Euphorbiaceae (303), Fabaceae (182), Salicaceae (126) e Lauraceae (101), que representam 78,4% do total de árvores encontradas.

Tabela 1. Principais variáveis fitossociológicas das espécies por pedoambiente.

Table 1. Main phytosociological variables of species by pedoenvironment.

Espécie (Família)	DA (ind ha ⁻¹)				DoA (m ² ha ⁻¹)				VI (%)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
1. <i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll. Arg. (Euphorbiaceae)	709	75	41	388	10,5	2,7	0,32	18,7	20	4,2	1,7	20
2. <i>Eugenia uniflora</i> L. (Myrtaceae)	186	275	427	194	1,86	3,49	4,27	1,48	6,6	9,9	13	6,6
3. <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae)	5	30	114	38	0,6	10,3	26,3	2,98	0,7	7,5	18	3,6
4. <i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M. J. Silva & A. M. G. Azevedo (Fabaceae)	100	210	68	44	5,39	7,63	5,38	2,3	6	11	5,1	3,3
5. <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg (Myrtaceae)	32	110	227	156	0,28	2,8	4	7,75	1,3	5,5	9,1	9,7
6. <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez (Lauraceae)	-	40	95	294	-	11,6	8,43	8,46	-	8,7	8,1	12
7. <i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn. (Styracaceae)	141	60	77	125	2,28	1,4	1,62	2,16	4,9	3	3,9	5,9
8. <i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl. (Anacardiaceae)	191	5	-	-	9,98	0,3	-	-	12	0,4	-	-

Espécie (Família)	DA (ind ha ⁻¹)				DoA (m ² ha ⁻¹)				VI (%)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
9. <i>Banara tomentosa</i> Clos (Salicaceae)	9	25	186	81	0,04	0,2	1,36	0,5	0,3	1,3	6,2	3,4
10. <i>Brunfelsia pilosa</i> Plowman (Solanaceae)	-	40	159	106	-	0,1	0,42	0,27	-	1,7	5,5	3,4
11. <i>Machaerium paraguayense</i> Hassl. (Fabaceae)	41	50	-	81	3,23	1,3	-	3,53	3,7	2,2	-	4,8
12. <i>Casearia decandra</i> Jacq. (Salicaceae)	5	70	68	56	0,07	0,8	1,61	0,57	0,3	2,7	3,1	2,8
13. <i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke (Canellaceae)	132	20	14	6	2,28	0,7	0,5	0,57	5,7	1,2	0,8	0,6
14. <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess. (Myrtaceae)	50	40	36	6	1,82	1,6	0,6	0,34	2,9	2,5	2,2	0,5
15. <i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae)	18	135	27	6	0,1	2,9	0,07	0,08	0,7	6	1,3	0,4
16. <i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl. (Sapindaceae)	105	15	23	56	0,76	0,1	0,33	0,33	0,7	1,6	2,2	2,5
17. <i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae)	18	25	32	63	0,05	0,2	0,63	0,66	0,3	4,3	1,9	-
18. <i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg. (Cannabaceae)	5	100	41	-	0,03	0,8	0,36	-	4,1	0,9	1	2,6
19. <i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schltld. (Rubiaceae)	191	-	-	-	1,37	-	-	-	5,1	-	-	-
20. <i>Castela tweedii</i> Planch. (Simaroubaceae)	27	135	-	-	0,07	0,5	-	-	0,9	5,4	-	-
21. <i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart. (Loganiaceae)	14	30	5	94	0,37	0,3	0,01	0,86	0,7	1,7	0,3	3,3
22. <i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke (Lamiaceae)	14	10	23	6	0,84	1	2,14	0,4	1,2	1	2	0,5
23. <i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton (Fabaceae)	73	10	14	6	0,52	0,1	0,14	0,03	2,3	0,6	0,9	0,3
24. <i>Cupania vernalis</i> Cambess. (Sapindaceae)	5	10	9	13	0,34	0,6	2,02	0,95	0,5	0,7	1,6	1,2
25. <i>Annona cacans</i> Warm. (Annonaceae)	5	5	36	25	0,04	0,01	0,11	0,08	0,3	0,3	1,4	1,3
26. <i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil. (Erythroxylaceae)	36	-	-	6	1,89	-	-	0,11	2,7	-	-	0,4
27. <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. (Rutaceae)	45	10	5	-	0,32	0,1	0,03	-	2,7	0,6	0,4	-
28. <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk. (Sapindaceae)	9	10	-	-	0,33	3	-	-	0,7	2	-	-
29. <i>Prunus sellowii</i> Koehne (Rosaceae)	-	5	9	19	-	0,2	0,07	2,23	-	0,4	0,6	2,2
30. <i>Myrcianthes gigantea</i> (D. Legrand) D. Legrand (Myrtaceae)	9	5	18	6	0,07	0,01	0,22	0,01	0,5	0,3	1,3	0,3
31. <i>Maytenus aquifolia</i> (Mart.) Biral (Celastraceae)	9	15	-	13	0,12	0,2	-	0,11	0,5	1	-	0,7
32. <i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul. (Rutaceae)	32	-	-	6	0,16	-	-	0,04	1,4	-	-	0,3
33. <i>Myrcia richardiana</i> (O. Berg) Kiaersk. (Myrtaceae)	-	5	27	6	-	0,01	0,11	0,02	-	0,3	1,5	0,3
34. <i>Trichilia elegans</i> A.Juss (Meliaceae)	9	10	9	6	0,03	0,1	0,03	0,02	0,5	0,6	0,6	0,3
35. <i>Ilex brevicuspis</i> Reissek (Aquifoliaceae)	-	10	9	-	-	1,6	0,03	-	-	1,3	0,6	-
36. <i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek (Aquifoliaceae)	-	-	5	25	-	-	0,05	1,62	-	-	0,4	2,1
37. <i>Bauhinia forficata</i> Link (Fabaceae)	-	10	14	6	-	0,01	0,06	0,08	-	0,6	0,7	0,5

Espécie (Família)	DA (ind ha ⁻¹)				DoA (m ² ha ⁻¹)				VI (%)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
38. <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi (Anacardiaceae)	27	-	-	-	0,21	-	-	-	1,1	-	-	-
39. <i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees & Mart.) Kosterm. (Lauraceae)	-	-	18	-	-	3,6	-	-	-	1	-	-
40. <i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong. (Euphorbiaceae)	-	-	5	-	-	-	1,58	-	-	1,1	-	-
41. <i>Cestrum intermedium</i> Sendtn. (Solanaceae)	9	15	-	-	0,05	0,1	-	-	0,5	0,7	-	-
42. <i>Ocotea porosa</i> (Ness. & Mart.) Barroso (Lauraceae)	-	5	-	-	-	1,6	-	-	-	1,1	-	-
43. <i>Quillaja lancifolia</i> D. Don. (Quillajaceae)	9	-	-	-	1,01	-	-	-	1,2	-	-	-
44. <i>Myrcia glomerata</i> (Cambess.) G. P. Burton & E. Lucas (Myrtaceae)	32	-	-	-	0,15	-	-	-	0,7	-	-	-
45. <i>Monteverdia ilicifolia</i> (Mart. ex Reissek) Biral (Celastraceae)	14	-	-	-	0,84	-	-	-	1,3	-	-	-
46. <i>Dicksonia sellowiana</i> Hook. (Dicksoniaceae)	-	-	5	6	-	-	0,09	0,19	-	-	0,4	0,4
46. <i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC. (Myrtaceae)	-	-	14	-	-	-	0,27	-	-	-	0,6	-
48. <i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R. A. Howard (Cardiopteridaceae)	-	-	5	-	-	-	0,17	-	-	-	0,4	-
49. <i>Myrcia retorta</i> Cambess. (Myrtaceae)	-	-	5	-	-	-	0,04	-	-	-	0,4	-
50. <i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler (Rutaceae)	5	-	-	-	0,04	-	-	-	0,3	-	-	-
51. <i>Seguiera aculeata</i> Jacq. (Phytolaccaceae)	-	-	-	6	-	-	-	0,02	-	-	-	0,3
Mortas	109	70	55	50	1,15	3,1	0,57	2,16	4,7	4,7	2,8	3,5
Totais	2432	1695	1923	2000	49,2	65,1	63,9	59,6	100	100	100	100

Legenda: DA = densidade absoluta; DoA = dominância absoluta; VI = valor de importância. As espécies foram organizadas por ordem de importância nos pedoambientes. Foram destacados em negrito os cinco maiores valores de cada variável. Foram incluídos nos resultados os dados obtidos para as árvores mortas em pé.

Em P1 foram registradas 36 espécies de 21 famílias botânicas, sendo a estrutura horizontal caracterizada por 2.432 ind ha⁻¹ e área basal de 49,2 m² ha⁻¹. Quanto ao valor de importância (VI), as espécies predominantes foram: *Gymnanthes klotzschiana* (20%), *Lithraea molleoides* (12%), *Eugenia uniflora* (6,6%), *Muellera campestris* (6%), e *Cinnamodendron dinisii* (5,7%). Esse grupo de cinco espécies somou 50,3% do total do VI e 62% da dominância absoluta (DoA). Para o P2 foram identificadas 37 espécies de 21 famílias botânicas, sendo a densidade calculada de 1.695 ind ha⁻¹ e área basal de 65,1 m² ha⁻¹. *M. campestris* (11,4%), *E. uniflora* (9,9%), *Nectandra megapotamica* (8,7%), *Araucaria angustifolia* (7,5%) e *Myrcianthes pungens* (6%) foram as espécies com maiores VI e juntas representaram 43,5% do total desse valor e 61,3% da dominância absoluta. No P3 ocorreram 33 espécies de 20 famílias botânicas, com densidade de 1.923 indivíduos ha⁻¹ e área basal de 63,9 m² ha⁻¹. Neste pedoambiente as principais espécies

por VI foram *A. angustifolia* (18%), *E. uniflora* (13%), *Campomanesia xanthocarpa* (9,1%), *N. megapotamica* (8,1%) e *Banara tomentosa* (6,2%), que somaram 54,6% do VI e 68,9% da DoA. Para P4 foram registradas nas 32 espécies pertencentes a 21 famílias botânicas, com densidade de 2.000 ind ha⁻¹ e área basal de 59,6 m² ha⁻¹. As espécies predominantes foram *G. klotzschiana* (20%), *N. megapotamica* (12%), *C. xanthocarpa* (9,7%), *E. uniflora* (6,6%) e *Styrax leprosus* (5,9%).

Quando a composição florística foi comparada aos atributos da vegetação por pedoambiente, não foram encontradas diferenças entre o número de espécies, gêneros e famílias botânicas (Tabela 2). Em relação às características estruturais da vegetação, somente em P1 foram encontradas diferenças significativas em relação aos outros pedoambientes para o número de indivíduos (24,1 ± 7,4 indivíduos), altura (6,9 ± 2,46 m), diâmetro (13,5 ± 3,05 cm) e área basal (0,09 ± 0,04 m² ha⁻¹).

Tabela 2. Composição florística e atributos da vegetação por pedoambiente.**Table 2.** Floristic composition and vegetation attributes by pedoenvironment.

Variáveis	P1	P2	P3	P4	Teste	p-valor
Nº famílias	6,8 ± 1,76	6,2 ± 1,68	6,5 ± 1,14	7,3 ± 1,36	x ²	p = 0,6261
Nº gêneros	7,6 ± 1,78	7,7 ± 2,24	8,5 ± 1,37	9,0 ± 1,86	x ²	p = 0,4426
Nº espécies	8,0 ± 1,66	8,2 ± 2,23	9,0 ± 1,37	9,3 ± 2,12	x ²	p = 0,4163
Nº indivíduos	24,1 ± 7,4 a	16,9 ± 3,05 b	19,2 ± 2,72 b	20 ± 1,16 b	x ²	p = 3,024e-06**
Altura (m)	6,9 ± 2,46 b	9,8 ± 2,08 a	9,5 ± 1,10 a	10,7 ± 1,10 a	F	p = 3,699e-08**
Área basal (m ² ha ⁻¹)	0,09 ± 0,04 b	0,20 ± 0,12 a	0,15 ± 0,07 a	0,19 ± 0,04 a	F	p = 0,00011**
Diâmetro (cm)	13,5 ± 3,05 b	16,4 ± 4,3 a	14,9 ± 2,5 a	15,4 ± 1,7 a	F	p = 0,0336*

Diferentes letras (superíndice) mostram diferenças significativas entre os pedoambientes. χ^2 : teste Qui-quadrado (distribuição de erro tipo Poisson). * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quanto à composição de espécies entre as categorias pedológicas, P1 foi o único que se diferenciou dos demais sítios (Figura 2).

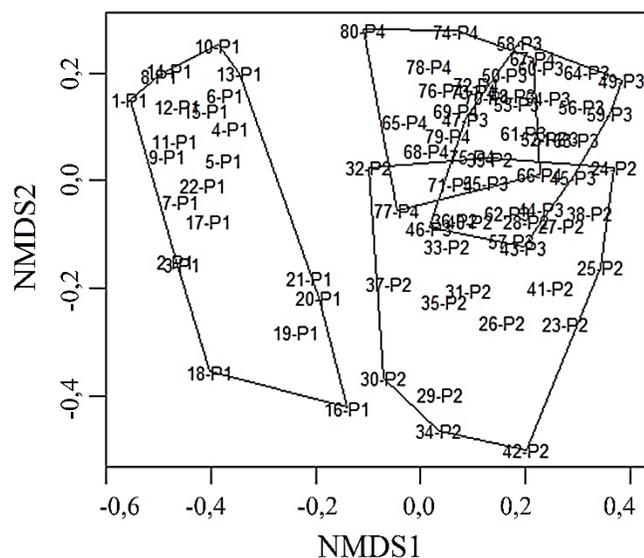


Figura 2. Distribuição das parcelas em função da sua similaridade florística segundo o índice de Jaccard de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, pela análise NMDS (*non-metric multidimensional scaling*). Valor de stress = 0,198. PERMANOVA (999 permutações, p-valor = 0,001).

Figure 2. Plots distribution regarding to its floristic similarity according to Jaccard index for fragment of Mixed Ombrophilous Forest through NMDS analysis (*Non-metric Multidimensional Scaling*). Value of stress = 0.198. PERMANOVA (999 permutations, p-value = 0.001).

Discussão

Comparando as principais espécies por pedoambiente (Tabela 1), *Araucaria angustifolia*, *Eugenia uniflora*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Nectandra megapotamica* e *Banara tomentosa* são citadas como espécies características desse tipo de vegetação (Sawczuk et al., 2012; Machado et al., 2013). *Lithraea molleoides*, *E. uniflora*, *Muellera campestris* e *Myrcianthes pungens*, que também se sobressaíram em relação às demais espécies, não apresentaram a mesma importância registrada nos estudos analisados realizados no âmbito da Floresta Ombrófila Mista (FOM). Considerando-se as principais famílias, verificou-se uma tendência florística similar aos resultados encontrados por Scheer & Blum (2011), Albuquerque et al. (2011) e Mognon et al. (2012) em remanescentes de FOM no Paraná.

Castela tweedii e *Brunfelsia pilosa* tiveram comportamento distinto, pois a primeira expressou seu máximo desenvolvimento no P2, evidenciando preferência por solos de melhor fertilidade, rasos e não hidromórficos, enquanto *B. pilosa* ocorreu na transição P2/P3 e se sobressaiu em P3 e P4. Nestes dois locais o dossel era mais fechado com redução na incidência dos raios luminosos nos estratos inferiores da floresta, proporcionando isolamento térmico, reduzindo a temperatura e contribuindo para maior umidade relativa do ar (Von Arx et al., 2012). Destaca-se que o desenvolvimento de *B. pilosa* foi oposto ao descrito por Soares & Mentz (2007), que registraram sua ocorrência em margens de fragmentos florestais e clareiras, locais de maior incidência luminosa do que

no interior das florestas. Esses autores citaram que a forma biológica arbustiva é prevacente para a espécie que, conseqüentemente, está relacionada a indivíduos de menores diâmetros de caule. Entretanto, neste estudo *B. pilosa* foi representada por indivíduos na forma de arvoretas, que puderam ser amostrados no levantamento, pois apresentaram dimensões diamétricas dentro dos critérios de inclusão fitossociológica.

Foi em P3 com Latossolo Bruno que *A. angustifolia* obteve o registro dos maiores valores para densidade e área basal. Considerando apenas a classe de Latossolos, o pinheiro-do-Paraná foi a espécie que apresentou maiores valores fitossociológicos nas diferentes formações vegetacionais analisadas por Galvão et al. (1989). Pode-se afirmar que a ocorrência dos indivíduos de araucária é favorecida pelo tipo de condição pedológica dos latossolos, pois, estes apresentam horizontes mais profundos resultantes da atuação dos processos pedogenéticos (Roik et al., 2019). Este valor elevado de dominância absoluta (DoA) ratifica a representatividade da espécie na estrutura florestal, e este domínio estrutural fez com que no passado a FOM fosse aludida como “Mata de Araucárias” no sentido de ser considerada como formação homogênea da espécie predominante (IBGE, 2012). Porém, os dados revelaram que embora a representação do pinheiro-do-Paraná seja expressiva, este tipo de formação vegetal aloja considerável diversidade de espécies que contribuem para a riqueza arbórea e são importantes na composição da estrutura florestal. Outra espécie importante em P3 foi *C. xanthocarpa* que apresentou valor da importância (VI) também expressivo em Cordeiro & Rodrigues (2007), ocorrendo em um ambiente sustentado por solo com maior espessura de horizonte B, no caso Latossolo Bruno. Para as demais espécies, não foram encontrados registros fitossociológicos que se destacassem na estrutura florestal em estudos conduzidos em áreas de FOM, sendo apenas registrada, de modo geral, a ocorrência na estrutura florestal.

O maior número de árvores em P1 se justifica pela sua posição na paisagem, pois recebe maior luminosidade, menor pressão e competição frontal da área de campo, o que possibilita melhores condições para a germinação das sementes e crescimento das plantas. Neste pedoambiente ocorreram espécies pioneiras ou secundárias iniciais típicas de ambientes heliófitos ou semi-heliófitos como *L. molleoides*, *Dalbergia frutescens* e *Quillaja lancifolia*. Conforme Wright & Fridley (2010), esse primeiro

contingente de indivíduos arbóreos é responsável pelo estabelecimento florestal, uma vez que atuam na preparação do ambiente para o crescimento de espécies mais seletivas em relação às condições de luminosidade, de temperatura e de solos. A comunidade florestal deste pedoambiente pode ser considerada a linha de avanço da vegetação arbórea sobre a área de campo adjacente.

A análise de P1 e P3 mostra que ambos os ambientes possuem boa drenagem, valores florísticos e fitossociológicos próximos, mas estão em solos diferentes quanto à fertilidade. A possível explicação é que a fertilidade não se constituiu como fator impeditivo para o desenvolvimento e ocupação das espécies em ambas as áreas. Outra explicação que poderia ser atribuída, porém demandaria ser melhor explorada, estaria relacionada com a plasticidade fenotípica ou ecológica das espécies quanto à via de exploração dos recursos nutricionais do solo. Tais espécies conseguiram se desenvolver e formar populações em ambos os ambientes frente à diversidade dos fatores ambientais encontrados, nesse caso, a fertilidade (Curcio et al., 2014). Tanto P1 como P4 estão assentados sobre Cambissolos, contudo, os valores fitossociológicos foram maiores para a comunidade arbórea estabelecida na planície em relação à área frontal. As condições ambientais de P4 contribuíram para o melhor desenvolvimento de *Gymnanthes klotzschiana* que apresentou DoA 77,8% superior em relação a P1, mesmo este pedoambiente possuindo 82,7% a mais de indivíduos arbóreos da espécie. O tipo de substrato, especificamente o tipo de solo, também pode ter influenciado, pois de acordo com Scholten et al. (2017) disponibiliza água e minerais em quantidades variáveis para a comunidade arbórea que sobre ele se desenvolve, neste tipo de condição. Os dados de *G. klotzschiana*, em particular associados aos valores gerais de densidade absoluta (DA), área basal, entre outros, são alguns dos indicativos que apontam que a floresta em P4 se encontra em estágio sucessional mais avançado que em P1. Numa provável rota de colonização dos ambientes pelas espécies florestais (Chazdon, 2008), essas se desenvolveram e ocuparam o espaço da planície (P4) em direção ao P1 que atualmente caracteriza as margens da floresta.

Considerando a abundância e distribuição, 56% das espécies ocorreram em três ou quatro pedoambientes, 17% em dois e 27% em apenas um. Destaca-se que para algumas espécies a priorização ambiental ficou evidente, principalmente para *Myrcia glomerata*,

Erythroxylum deciduum, *L. molleoides*, *Monteverdia ilicifolia*, *Q. lancifolia*, *Schinus terebinthifolia* e *Xylosma ciliatifolium*, que foram registradas somente no P1. Além das propriedades pedológicas, a exposição solar e demais características abióticas podem ser apontadas como fatores preponderantes para o desenvolvimento das espécies no pedoambiente (Higuchi et al., 2012).

Considerações finais

A categorização pedológico-estrutural da vegetação evidenciou que as espécies arbóreas não se distribuem uniformemente no ambiente florestal, ou seja, cada ambiente apresentou um conjunto com as principais espécies predominantes. Por outro lado, outras preferiram um ambiente em específico. Foi possível identificar que *Gymnanthes klotzchiana* se sobressaiu em valor de importância nos pedoambientes P1 e P4, *Araucaria angustifolia* no P3 e *Muelleria campestris* em P2.

Os pedoambientes com solos semi-hidromórficos se diferenciaram dos demais, pelo conjunto diferenciado de espécies com indivíduos de menor porte e área basal (P1) e com o predomínio de *G. klotzchiana* (P1 e P4).

Os resultados obtidos corroboram a importância em se conhecer como os fatores ambientais influenciam na diversidade e na estrutura da vegetação e sejam incorporados aos projetos que visem restauração ou recuperação florestal.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Contribuição de autoria

Juliano Cordeiro: Conceituação; Escrita – primeira redação; Escrita – revisão e edição; **Román Carlos Ríos:** Escrita – primeira redação; Metodologia.; **Carlos Vellozo Roderjan:** Supervisão; Escrita – primeira redação.; **Gustavo Ribas Curcio:** Conceituação; Supervisão; Escrita – primeira redação.

Referências

Albuquerque, J. M. et al. Efeitos do uso em sistema faxinal na florística e estrutura em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, n. 21, v. 2, p. 323-334, 2011.

Ansolin, R. D. et al. Heterogeneidade ambiental e variação florístico-estrutural em um fragmento de Floresta com araucária na Coxilha Rica. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 1201, 2016.

Callegaro, R. M. et al. Variações estruturais entre grupos florísticos de um remanescente de floresta ombrófila mista montana em Nova Prata - RS. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 337-349, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818452>.

Carvalho, J. et al. Relações entre a distribuição das espécies em diferentes estratos e as características do solo em uma floresta aluvial no Estado do Paraná. Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009.

Chazdon, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: Carson W. P. & Schnitzer S. A. (ed.). **Tropical forest community ecology**. Oxford: Wiley, 2008. p. 384-408.

Cordeiro, J. & Rodrigues, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545-554. 2007.

Crawley, M. J. **The R Book**. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.

Curcio, G. R. et al. A floresta fluvial em dois compartimentos do Rio Iguacu, Paraná, Brasil. **Revista Floresta**, v. 37, n. 2, p. 125-146, 2007.

Curcio, G. R. et al. Compartimentação das paisagens. In: Prado, R. B. et al. (org.). **Monitoramento da revegetação do Comperj**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 23-36.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 3 mar. 2021.

Galvão, F. et al. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati – PR. **Revista Floresta**, v. 19, n. 1/2, p. 30-49, 1989.

Gasper, A. L. et al. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: espécies da Floresta Ombrófila Mista. **Rodriguésia**, v. 64, n. 2, p. 201-210, 2013.

Gallery, R. E. Ecology of tropical rain forests. In: Monson, R. (ed.). **Ecology and the Environment**. New York: Springer, 2014. (The Plant Sciences, 8). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_4.

Higuchi, P. et al. Floristic composition and phytogeography of the tree component of Araucaria Forest fragments in southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, p. 145-157, 2012.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p. (Série manuais técnicos em geociências, n. 1).

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Médias históricas**. 2020. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Agrometeorologia-Medias-Historicas-em-Estacoes-do-IDR>. Acesso em: 3 mar. 2021.

IPARDES. **Indicadores de desenvolvimento sustentável por bacias hidrográficas do Estado do Paraná**. Curitiba, 2017. 142 p.

Kersten, R. A. et al. Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo. In: Eisenlohr, P. V. et al. (ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa: Ed da UFV, 2015. p. 156-182.

Lipinski, E. T. et al. Dinâmica da biomassa e carbono arbóreo entre 1995-2012 em Floresta Ombrófila Mista Montana. **Floresta**, v. 47, p. 197-206, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v47i2.40024>.

- Machado, S. A. et al. Comparação dos parâmetros fitossociológicos entre três estratos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Cerne**, v. 19, p. 365-372, 2013.
- Maçaneiro, J. P. et al. Variações estruturais e florísticas em uma Floresta Atlântica Subtropical no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.160101>.
- Minchin, P. R. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. **Vegetatio**, v. 69, n. 1, p. 89-107, 1987.
- Mognon, F. et al. Uma década de dinâmica florística e fitossociológica em Floresta Ombrófila Mista Montana no Sul do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 43-59, 2012.
- Neri, A. V. et al. Soil and altitude drive diversity and functioning of Brazilian *Páramos* (campo de altitude). **Journal of Plant Ecology**, v. 10, n. 5, p. 771-79, 2017. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw088>.
- R Development Core Team. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- Reis Júnior, R. et al. **RT4Bio**: R tools for biologists (RT4Bio). R Package Version 1.0. 2015.
- Rodal, M. J. N. et al. **Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico**. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, 2013.
- Roik, M. et al. Dinâmica da florística e da estrutura horizontal em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 748-757, 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7835>.
- Scheer, M. B. & Blum, C. T. Arboreal diversity of the Atlantic Forest of Southern Brazil: from the Beach Ridges to the Parana River. In: Grillo, O. & Venora, G. (org.). **The dynamical processes of biodiversity**: case studies of evolution and spatial distribution. 2. ed. Rijeka: InTech, 2011. v. 2, p. 109-134.
- Serviço Florestal Brasileiro. **Inventário florestal nacional**: principais resultados: Paraná. Brasília, DF, 2018.
- Soares, E. L. C. & Mentz, L. A. O gênero *Brunfelsia* (Solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, v. 58, p. 245-262, 2007.
- Scholten, T. et al. On the combined effect of soil fertility and topography on tree growth in subtropical forest ecosystems: a study from SE China. **Journal of Plant Ecology**, n. 1, v. 10, p. 111-127, 2017. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw065>.
- Sawczuk, A. et al. Alterações na estrutura e na diversidade florística no período 2002-2008 de uma Floresta Ombrófila Mista Montana do Centro-Sul do Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2012. <http://dx.doi.org/10.5380/rtf.v42i1.26286>.
- Sawczuk, A. et al. Alterações na estrutura horizontal, no período de 2002-2008, em Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 149-160, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813332>.
- Sevegnani, L. et al. Structure and diversity of the *Araucaria* forest in southern Brazil: biotic homogenisation hinders the recognition of floristic assemblages related to altitude. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 81, n.1, p.1-9, 2019. <https://doi.org/10.2989/20702620.2019.1636193>
- Von Arx, G. et al. Spatio-temporal effects of forest canopy on understory microclimate in a long-term experiment in Switzerland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 166-167, p. 144-155, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.07.018>.
- Wright, J. P. & Fridley, J. D. Biogeographic synthesis of secondary succession rates in eastern North America. **Journal of Biogeography**. n. 37, p. 1584-159, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.0229.x>.