

PH E UMIDADE DO SOLO NÃO EXPLICAM A MONTAGEM DA COMUNIDADE VEGETAL DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL EM REGENERAÇÃO APÓS SILVICULTURA¹

SOIL PH AND HUMIDITY DO NOT EXPLAIN THE ASSEMBLY OF THE SEASONAL SEMIDECIDUOUS FOREST PLANT COMMUNITY IN REGENERATION AFTER FORESTRY

Zoraide VALÉRIO²; Carla Daniela CÂMARA³; Vanda dos Santos SILVA⁴; Roque CIELO-FILHO^{5,6}

RESUMO - A floresta estacional semidecidual constitui uma das formações mais impactadas na Mata Atlântica, demandando informações ecológicas para sua restauração. O presente trabalho objetivou avaliar se a composição florística e a estrutura (diâmetro médio, altura média e número de indivíduos) da vegetação de estágio sucessional inicial em floresta estacional semidecidual são influenciadas pelo pH e umidade atual do solo em escala local. A amostragem sistemática consistiu em 34 parcelas de 10 m² cada instaladas em 2,25 ha de vegetação regenerante em área anteriormente ocupada por plantação florestal que sofreu corte raso em 2009. Os indivíduos com diâmetro do caule igual ou maior que 1 cm a uma altura de 0,8 m foram medidos em altura e perímetro, coletados e identificados. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para determinação do pH e da umidade. Foram contabilizados 364 indivíduos pertencentes a 62 espécies e 27 famílias. As espécies mais abundantes foram *Casearia sylvestris* Sw. *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. e *Croton floribundus* Spreng.. A porção superior da vertente apresentou maior acidez e menor umidade. Análises de Correspondência Canônica e correlações de Spearman revelaram ausência de correlação significativa entre as variáveis edáficas e, respectivamente, a composição florística e a estrutura da vegetação. Conclui-se que a montagem da comunidade não foi influenciada pelo pH e umidade atual do solo, variáveis ambientais que ordinariamente se destacam na montagem de comunidades maduras, sugerindo que as características do solo analisadas podem não constituir filtros ambientais importantes nos estágios sucessionais iniciais.

Palavras-chave: Filtro abiótico; Mata Atlântica; Regeneração florestal; Sucessão secundária.

ABSTRACT - The seasonal semideciduous forest is one of the most impacted formations in the Atlantic Forest and demands ecological information to its restoration. The present work aimed to evaluate if the floristic composition and the structure (mean diameter, mean height and number of individuals) of the vegetation of initial succession stage in seasonal semideciduous forest are influenced by the soil pH and humidity in local scale. The systematic sampling consisted of 34 plots of 10 m² each installed in 2.25 ha of regenerating vegetation in an area formerly occupied by a forest plantation clearcut in 2009. The individuals with a stem diameter equal to or greater than 1 cm at a height of 0.8 m were measured in height and perimeter, collected and identified. Soil samples were collected at depth of 0-20 cm to determine the pH and the humidity. 364 individuals belonging to 62 species and 27 families were counted. The most abundant species were *Casearia sylvestris* Sw. *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. and *Croton floribundus* Spreng. The upper portion of the slope presented higher acidity and lower humidity. Canonical Correspondence Analyses and Spearman correlations revealed absence of significant correlation between edaphic variables and, respectively, floristic composition and vegetation structure. It is concluded that the assembly of the community was not influenced by pH and the humidity, environmental variables which ordinarily stand out in the assembly of mature communities, suggesting that the soil characteristics evaluated may not constitute important environmental filters in initial succession stages.

Keywords: Abiotic filter; Atlantic forest; Forest regeneration; Secondary succession.

¹ Recebido para análise em 12.12.2017. Aceito para publicação em 03.04.2019.

² Bolsista de Iniciação Científica CNPq/PIBIC – IF.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, Av. Brasil, 4232, 85884-000, Medianeira – PR.

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Av. Prof. Celso Ferreira da Silva, 1333, 18707-150, Avaré – SP.

⁵ Instituto Florestal, Seção de Floresta de Avaré, Rua Pernambuco, s/n, 18701-180, Avaré – SP.

⁶ Autor para correspondência: Roque Cielo Filho - roque@if.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica abrangia originalmente uma área equivalente a aproximadamente 1.395.849 km² e estendia-se ao longo de 17 estados Brasileiros (Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008).

Esse bioma é formado por um complexo conjunto de fitofisionomias, como a floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, floresta estacional semidecidual e decidual (Tabarelli et al., 2005), sendo considerado um dos 25 hotspots mundiais de biodiversidade pois, embora tenha sido em grande parte destruído, ainda abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Myers et al., 2000).

A floresta estacional semidecidual tem seu conceito ecológico baseado, principalmente, nas condições climáticas regionais, e caracteriza-se por apresentar duas estações distintas, uma chuvosa e outra seca, ou com acentuada variação térmica (IBGE, 2012).

A floresta estacional semidecidual correspondia originalmente a 49% da área de abrangência da Mata Atlântica e foi reduzida a 7,1% de sua área original, sendo que apenas 6,8% dos remanescentes encontram-se protegidos em unidades de conservação (Ribeiro et al., 2009). Em território paulista essa formação florestal foi a que mais cedeu espaço às atividades agropecuárias sendo fragmentada e reduzida a menos de 5% da cobertura existente no final do século XIX (Ramos et al., 2008). Dos fragmentos florestais remanescentes, poucos têm área representativa e encontram-se preservados sendo em sua maioria perturbados e submetidos a efeito de borda (Viana et al., 1997; Ribeiro et al., 2009). A restauração florestal, portanto, é importante para a conservação da biodiversidade da floresta estacional semidecidual.

Os processos envolvidos na sucessão secundária foram relativamente bem estudados em florestas tropicais em geral (Puig, 2008) e na floresta estacional semidecidual em particular (e.g. Martins e Rodrigues, 2002; Martins et al., 2008). A importância desses processos envolvendo a variação de fatores abióticos no tempo para a teoria e prática da Restauração Ecológica tem sido amplamente reconhecida (Walker et al., 2007). Contudo, a influência de processos envolvendo

a variação de fatores abióticos no espaço na montagem comunitária tem recebido pouca atenção no contexto dos estádios sucessionais iniciais da floresta, não obstante a relevância desse tópico para a teoria e prática da Restauração Ecológica. Nesse sentido, a umidade atual do solo e o potencial hidrogeniônico (pH) são variáveis cuja influência na montagem de comunidades florestais maduras vem sendo estudada (Botrel et al., 2002; Souza et al., 2003; Carvalho et al., 2005; Higuchi et al., 2012), mas pouco se sabe sobre a influência dessas variáveis edáficas na montagem de comunidades florestais que se encontram em estágio sucessional inicial em áreas que foram utilizadas por algum tempo para atividades agrícolas e posteriormente foram abandonadas permitindo a regeneração espontânea da vegetação nativa.

O pH, através de sua influência na disponibilidade de nutrientes no solo, contribui significativamente no controle da composição florística do componente arbóreo em florestas maduras (John et al., 2007; Lin et al., 2013), e a influência da umidade do solo na distribuição espacial das árvores nessas florestas pode ser aferida pelo papel preponderante que a elevação do terreno (uma variável topográfica que covaria com a disponibilidade hídrica no solo) exerce na organização comunitária (Legendre et al., 2009; Lin et al., 2013). É sabido também que a distribuição espacial das árvores jovens no sub-bosque de florestas maduras é influenciada por variáveis edáficas assim como o arranjo espacial das árvores mais velhas (Zhao et al., 2015; Yang et al., 2016). Entretanto, esse determinismo ambiental edáfico sobre a composição florística ainda é pouco compreendido no tocante ao comportamento das árvores jovens no contexto de estádios sucessionais iniciais em áreas com uso antrópico abandonadas da floresta tropical Atlântica e, particularmente, no caso da floresta estacional semidecidual. Por ser o tipo de vegetação mais devastado do bioma Mata Atlântica, talvez seja o que mais careça desse tipo de compreensão, fundamental para o planejamento da restauração florestal.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência, em escala local, das variáveis edáficas pH e umidade do solo sobre a composição florística e a estrutura da vegetação de estágio sucessional inicial de floresta estacional semidecidual em área com histórico de uso antrópico

recente, ocupada por uma plantação florestal até 2009 e abandonada após os corte raso das árvores, permitindo a regeneração espontânea da floresta nativa. Espera-se, com base nas informações disponíveis na literatura sobre florestas maduras, que o pH e umidade do solo exerçam alguma influência sobre a composição florística e a estrutura da vegetação. Os resultados obtidos poderão ajudar na elaboração de modelos de recuperação de áreas degradadas em sítios originalmente ocupados por floresta estacional semidecidual com características abióticas semelhantes ao verificado na área de estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Floresta Estadual de Avaré - FEA, área pública especialmente protegida destinada à conservação da biodiversidade, proteção de recursos hídricos, pesquisa científica e atividades de lazer em contato com a natureza (Figura 1). Ocupando uma área de 95,3 ha, a FEA situa-se no município de Avaré, sudoeste do estado de São Paulo (23° 05' 57" S e 48° 54' 44" W, 770 m de altitude), com temperatura média anual é de 20,3°C e precipitação média anual de 1.274 mm (Sentelhas et al., 2017).

A área de estudo, com 2,25 ha, apresenta relevo colinoso e situa-se numa vertente que drena para o Córrego da Cascata, o qual deságua no Ribeirão Lajeado (Figura 1). A área de estudo concentra-se nos terços médio e superior da vertente em solo bem drenado que, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), pode ser classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A moderado, textura média.

No ano de 2009 foi realizado um corte raso em uma área de 4,25 ha abrangendo a área de estudo, consistindo na retirada de todos os indivíduos da floresta plantada de *Cupressus lusitanica* Mill. que ocupava essa área. Após

esse evento a área foi abandonada e, três anos depois, um levantamento florístico apontou para a ocorrência de vigorosa regeneração natural de espécies de floresta estacional semidecidual (Cielo-Filho e Souza, 2016).

2.2 Desenho amostral, coleta e análise de dados

Para a amostragem da comunidade arbustiva e arbórea foram utilizadas parcelas alinhadas em transecções, com o objetivo de representar as maiores variações nos gradientes edáficos presumidos. Cada transecção foi disposta paralelamente a uma distância de 20 metros. Foram utilizadas 34 parcelas circulares com 10 m² dispostas a cada 20 m ao longo das seis transecções (Figura 1). A área total amostrada compreende 0,034 ha. O desnível máximo entre as parcelas é de 18,4 m. A coleta de dados foi realizada entre agosto de 2016 e março de 2017.

Dentro das parcelas foram considerados todos os indivíduos arbustivos ou arbóreos com diâmetro à altura de 0,8 m do solo igual ou superior a 1 cm. A altura e a circunferência do caule a 0,8 m do solo dessas plantas foram medidos com vara telescópica graduada e fita métrica, respectivamente. Para as plantas que apresentaram mais de um caule, foi medido o diâmetro de todos os caules desde que pelo menos um se enquadrasse no critério de inclusão.

Para a identificação das espécies foi coletado material botânico dos indivíduos para comparação com materiais depositados no herbário Dom Bento José Pickel - SPSF, bem como tendo em vista a análise desses materiais em laboratório acompanhada de consulta à bibliografia especializada e especialistas. O sistema de classificação adotado foi o APG IV (APG IV, 2016) e as sinonímias botânicas, grafias e abreviações foram verificadas na Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora Brasileira 2020 em construção, 2017). O material botânico foi herborizado conforme técnicas usuais previstas em Fidalgo e Bononi (1989) e as exsicatas foram depositadas na coleção do herbário SPSF.

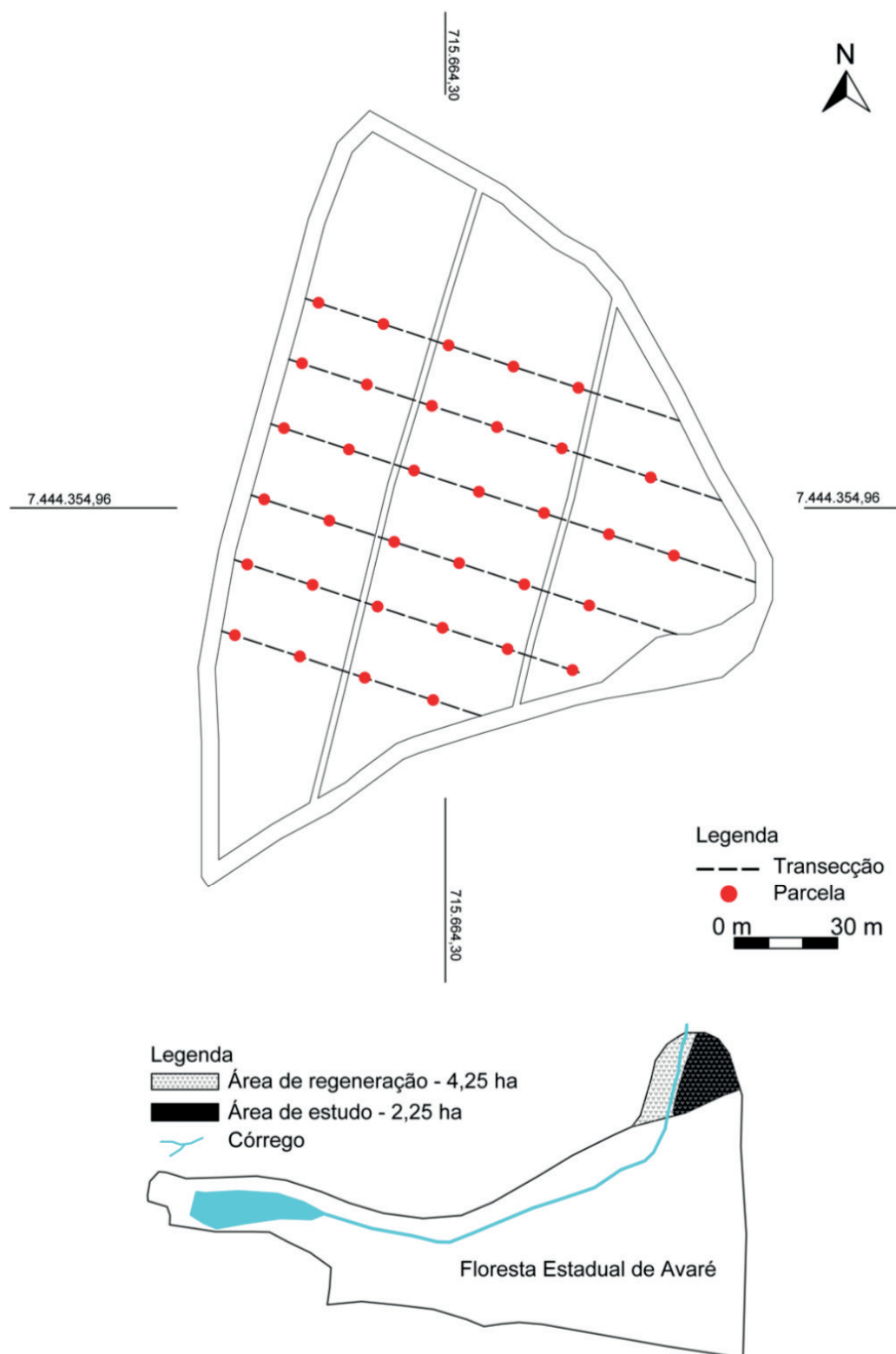


Figura 1. Floresta Estadual de Avaré com a localização da área de estudo e representação do desenho amostral.

Figure 1. Avaré State Forest including study site location and representation of the sampling design.

Diversos eventos climáticos interferem no armazenamento de água no solo, entre eles temos a pluviosidade. Neste trabalho, a coleta do solo foi feita, observando-se a não ocorrência de precipitação durante os sete dias que antecederam o dia da coleta. A coleta do solo foi feita em um único dia com o auxílio de trado holandês em três pontos de cada uma das parcelas na profundidade de 0 a 20 cm, gerando três subamostras que foram homogeneizadas em uma única amostra para cada parcela, acondicionada em saco plástico e levada para o laboratório de química do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia São Paulo/Câmpus Avaré, onde foram realizadas as análises referentes às variáveis edáficas utilizadas neste estudo.

A medição do pH ou potencial hidrogênio-iônico nas parcelas foi feita por meio de procedimento eletrométrico para medidas de pH em amostras de solos e resíduos, Método 9045D (EPA, 2016). De cada uma das amostras de solo foi retirada uma alíquota de 20 gramas. Essa alíquota foi pesada em balança de precisão e a ela foi adicionado 20 ml da solução de CaCl_2 na concentração de $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$. Posteriormente a alíquota foi levada ao agitador magnético por 15 minutos e colocada em repouso por 30 minutos para a determinação do pH com peagâmetro.

A umidade atual foi obtida por meio da determinação do teor de umidade presente em amostras de solo, no caso, a umidade gravimétrica (kg.kg^{-1}), conforme metodologia da EMBRAPA (2011). De cada amostra de solo foram retiradas três alíquotas que foram pesadas em balança de precisão e levadas para estufa com temperatura de 105°C por 24 horas. Após esse período as alíquotas foram retiradas da estufa e levadas ao dissecador por 12 horas, visando eliminar toda a água presente nos resíduos, como a higroscópica, a capilar ou de cristalização, e então novamente pesadas. Para determinação da umidade por diferença entre os pesos do material úmido e seco foram utilizadas as médias dos pesos das três alíquotas de cada parcela.

Com auxílio de mangueira de nível foi determinada a elevação relativa de cada parcela. A partir da parcela com a menor elevação, os desníveis em relação às parcelas adjacentes foram medidos até a última parcela da área de estudo. Assim, para cada parcela foi atribuído um valor de elevação relativa. Essa variável, denominada simplesmente elevação do terreno, foi utilizada para analisar o comportamento

das variáveis pH e umidade do solo ao longo da vertente, por meio de regressão linear simples (Zar, 1999), obtendo-se valores de R^2 , porém sem aferição da significância estatística.

A correlação entre a composição florística e as variáveis abióticas pH (concentração de íons hidrogênio em mol.L^{-1}) e umidade do solo (percentagem de água no solo) foi avaliada por meio de Análise de Correspondência Canônica - CCA, após transformação logarítmica dos dados de abundância das espécies nas parcelas ($\log x + 1$).

As matrizes de vegetação utilizadas na CCA foram construídas considerando dois tipos de descritores da abundância das espécies (número de indivíduos e área basal) e dois limites de corte para inclusão das espécies na matriz (ocorrência em duas ou mais parcelas e ocorrência em cinco ou mais parcelas), totalizando quatro Matrizes de Vegetação - MV, conforme descrito abaixo:

MV1. Matriz contendo o número de indivíduos das espécies com ocorrência registrada em duas ou mais parcelas (matriz contendo 42 espécies e 34 parcelas);

MV2. Matriz contendo a área basal das espécies com ocorrência registrada em duas ou mais parcelas (matriz contendo 42 espécies e 34 parcelas);

MV3. Matriz contendo o número de indivíduos das espécies com ocorrência registrada em cinco ou mais parcelas (matriz contendo 18 espécies e 33 parcelas);

MV4. Matriz contendo a área basal das espécies com ocorrência registrada em cinco ou mais parcelas (matriz contendo 18 espécies e 33 parcelas).

Ao se considerar apenas espécies registradas em cinco ou mais parcelas nas matrizes MV3 e MV4, uma das parcelas ficou vazia, pois não continha espécies com frequência igual ou superior a 5. Assim, acompanhando os critérios adotados para construção das matrizes de vegetação (MacCune e Grace, 2002), foram construídas duas Matrizes Ambientais - MA, descritas abaixo:

MA1. Matriz contendo as variáveis abióticas pH e umidade do solo e número de parcelas igual ao das matrizes MV1 e MV2 (matriz contendo 2 variáveis abióticas e 34 parcelas);

MA2. Matriz contendo as variáveis abióticas pH e umidade do solo e número de parcelas igual ao das matrizes MV3 e MV4 (matriz contendo 2 variáveis abióticas e 33 parcelas).

As quatro matrizes de vegetação foram submetidas, individualmente, à CCA, correlacionando a variação da composição florística (aqui entendida como a composição de espécies nas parcelas e suas abundâncias) e a variação das variáveis abióticas pH e umidade do solo, contida na matriz ambiental correspondente. A significância global das CCA's foi obtida utilizando simulação de Monte Carlo com 9.999 iterações. Adicionalmente, uma análise de ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico (NMS) foi aplicada às matrizes MV1 e MV2 objetivando revelar os principais gradientes de composição florística não constrangidos pelas variáveis ambientais (McCune e Grace, 2002). Para cada matriz, o gradiente vegetacional extraído pela NMS foi então correlacionado com as variáveis abióticas pH e umidade do solo individualmente por meio de análise de correlação de Spearman (Zar, 1999). Dessa forma, foi possível complementar a análise direta de gradiente fornecida pela CCA com uma análise indireta (McCune e Grace, 2002), aumentando a robustez das conclusões. Essas análises foram feitas utilizando o programa PC-Ord 5.0 (McCune et al., 1999).

A correlação entre a umidade atual e o potencial hidrogênio-iônico com a estrutura da vegetação foi avaliada por meio de correlação linear simples, utilizando o coeficiente de correlação de

Spearman, em virtude da ausência de normalidade das variáveis pH e umidade, avaliada por meio do teste de D'Agostino-Pearson (Zar, 1999). O mesmo coeficiente foi utilizado para avaliar a correlação entre pH e umidade. As variáveis altura média, diâmetro médio e número de indivíduos nas parcelas representaram a estrutura da vegetação.

3 RESULTADOS

Foram encontrados 364 indivíduos (densidade total = 10.706 ind.ha⁻¹) distribuídos em 62 espécies pertencentes a 27 famílias (Tabela 1). As famílias mais ricas foram Fabaceae (oito espécies), Piperaceae (cinco), Rubiaceae e Sapindaceae (quatro espécies cada). O diâmetro médio dos indivíduos foi de 5 cm (Desvio Padrão = 7,3 cm) e a altura média de 4,7 m (Desvio Padrão = 2,87 m). O maior valor de diâmetro (21 cm) foi de um indivíduo de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. e o maior valor de altura (16 m) foi observado para um indivíduo de *Croton floribundus* Spreng.. As espécies mais abundantes na amostra foram *Casearia sylvestris* Sw. (com 54 indivíduos), *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (37) e *Croton floribundus* Spreng. (23), perfazendo 31,32% do total de indivíduos na amostra.

Tabela 1. Espécies encontradas na vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré. N = número de indivíduos; SPSF = número de tombo no Herbário Dom Bento José Pickel - SPSF.

Table 1. Species found in the vegetation resulting from secondary succession in the Avaré State Forest. N = number of individuals; SPSF = voucher number in the Dom Bento José Pickel Herbarium.

FAMÍLIA/Espécie	N	Hábito	SPSF
ASTERACEAE			
<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	1	árvore	52605
<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Veja & Dematteis	4	arbusto	46067
BORAGINACEAE			
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2	árvore	
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	9	árvore	52404
CANNABACEAE			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	8	árvore	51491
EUPHORBIACEAE			
<i>Actinostemon klotzschii</i> (Didr.) Pax	1	árvore	
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	5	árvore	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	23	árvore	51495

continua
to be continued

continuação - Tabela 1

continuation - Table 1

FAMÍLIA/Espécie	N	Hábito	SPSF
FABACEAE			
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	1	árvore	
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	4	árvore	51504
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth.	2	árvore	51503
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	1	árvore	
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	1	árvore	
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	1	árvore	52613
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	37	árvore	52615
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	1	árvore	
LACISTEMATACEAE			
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	4	árvore	51492
LAMIACEAE			
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	19	árvore	52417
LAURACEAE			
<i>Nectandra grandiflora</i> Ness	2	árvore	52604
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	10	árvore	52609
LECYTHIDACEAE			
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	2	árvore	
MELASTOMATACEAE			
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	2	árvore	52421
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	2	árvore	52412
MELIACEAE			
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	árvore	
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	5	árvore	
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	1	árvore	52420
MORACEAE			
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	5	árvore	
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	11	árvore	51500
MYRTACEAE			
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	2	árvore	
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	2	árvore	
<i>Myrcia hebeptala</i> DC.	4	árvore	52611
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	3	árvore	
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	1	árvore	
PHYLANTHACEAE			
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	1	árvore	52616

continua
to be continued

continuação - Tabela 1
 continuation - Table 1

FAMÍLIA/Espécie	N	Hábito	SPSF
PIPERACEAE			
<i>Piper aduncum</i> L.	13	arbusto	52397
<i>Piper amalago</i> L.	3	arbusto	52608
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	10	arbusto	52617
<i>Piper hispidum</i> Sw.	2	arbusto	
<i>Piper lhotzkyanum</i> Kunth	4	arbusto	52610
POLYGONACEAE			
<i>Coccoloba warmingii</i> Meisn.	1	árvore	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	2	árvore	
PRIMULACEAE			
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	15	árvore	52612
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	10	árvore	51496
ROSACEAE			
<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	2	arbusto	
RUBIACEAE			
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	1	árvore	52409
<i>Psychotria brevicollis</i> Müll.Arg.	4	árvore	52401
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	2	árvore	45981
<i>Ixora venulosa</i> Benth.	1	árvore	
RUTACEAE			
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	1	árvore	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	18	árvore	
SALICACEAE			
<i>Banara parviflora</i> (A.Gray) Benth.	1	árvore	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	54	árvore	46055
SAPINDACEAE			
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	12	árvore	46054
<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.	1	arvoreta	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	4	árvore	
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	5	árvore	
SAPOTACEAE			
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	8	árvore	
SOLANACEAE			
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	3	árvore	52416
<i>Brunfelsia uniflora</i> (Pohl) D.Don	1	arbusto	
URTICACEAE			
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	1	árvore	
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	3	árvore	52614
VOCHYSIACEAE			
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	1	árvore	52606

O pH variou entre 4,13 e 6,98, com média de 5,16 e coeficiente de variação de 11,45%. A umidade variou entre 6,68% e 17,97%, com média de 10,41% e coeficiente de variação de 27,43%.

As variáveis pH e umidade mostraram-se em gradientes onde as parcelas estabelecidas na parte mais alta da área possuem solo mais ácido e com menor teor de umidade (Figura 2), com pH médio de 4,9 e umidade média de 8%, enquanto que as parcelas da parte mais baixa, mais próximas ao curso d'água, apresentaram pH médio de 5,3 e umidade média de 12%. Entretanto, esses gradientes abióticos não foram acompanhados por significativa variação na vegetação. A hipótese nula de ausência

de correlação entre a composição florística e as variáveis edáficas não foi rejeitada, ou seja, a correlação entre a composição florística e o ambiente não foi significativa em nenhuma das quatro CCA's efetuadas (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido na análise indireta de gradiente: a solução final da NMS extraiu apenas um eixo significativo para cada uma das matrizes: MV1 ($p = 0,0198$) e MV2 ($p = 0,0297$). Os gradientes vegetacionais representados por esses eixos não apresentaram correlação com o pH ou com a umidade do solo (Tabela 3), reforçando os resultados obtidos por meio de CCA, ou seja, ausência de correlação entre composição florística e as variáveis edáficas analisadas.

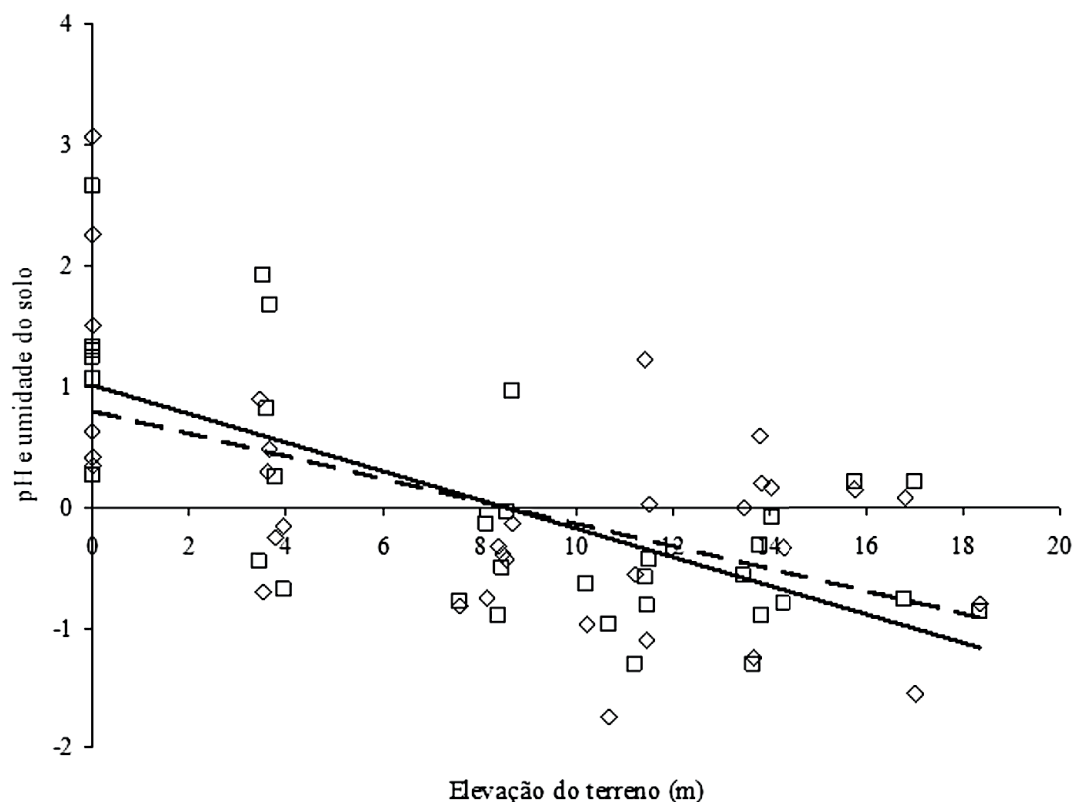


Figura 2. Relação entre as variáveis ambientais umidade do solo e pH (valores padronizados) e a elevação do terreno na área ocupada por vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré. Linha sólida e quadrados para umidade ($R^2 = 0,46$), linha tracejada e losangos para pH ($R^2 = 0,29$).

Figure 2. Relationship between the environmental variables soil humidity and pH (standardized values) and the terrain elevation in the area occupied by vegetation resulting from secondary succession in the Avaré State Forest. Solid line and squares for humidity ($R^2 = 0.46$), dashed line and diamonds for pH ($R^2 = 0.29$).

Tabela 2. Resultados das CCA's efetuadas com dados da vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré e as variáveis ambientais pH e umidade do solo. λ_1 e λ_2 = autovalores dos eixos canônicos 1 e 2; %1 e %2 = porcentagem de variação explicada pelos eixos.

Table 2. Results of the CCA's carried out with data of the vegetation resulting from secondary succession in the Avaré State Forest and the environmental variables pH and soil humidity. λ_1 e λ_2 = eigenvalues of canonical axis 1 and 2; %1 e %2 = percentage of variation explained by the axis.

Matrizes usadas	Inércia total	λ_1	λ_2	%1	%2	p
MV1 e MA1	4,9434	0,255	0,133	5,2	2,7	0,1131
MV2 e MA1	5,1915	0,276	0,14	5,3	2,7	0,2037
MV3 e MA2	2,568	0,107	0,057	4,2	2,2	0,5682
MV4 e MA2	2,8977	0,122	0,048	4,2	1,7	0,5928

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre o principal gradiente de composição florística (extraído por meio de NMS) da vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré e as variáveis ambientais pH e umidade do solo.

Table 3. Values of the Spearman correlation coefficient between the main floristic composition gradient (extracted through NMS) of the vegetation resulting from secondary succession in the Avaré State Forest and the environmental variables pH and soil humidity.

	Gradiente vegetacional extraído da matriz MV1	Gradiente vegetacional extraído da matriz MV2
pH	rs = -0,2782 p = 0,111	rs = 0,1331 p = 0,453
Umidade	rs = -0,2709 p = 0,1211	rs = 0,0634 p = 0,7216

As variáveis pH ($k^2 = 11,89$; $p = 0,0026$) e umidade ($k^2 = 6,37$; $p = 0,031$) não apresentaram normalidade quando analisadas através do teste D'Agostino-Pearson. Assim, a hipótese nula de ausência de correlação entre a estrutura da vegetação e as variáveis ambientais foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Spearman, e também não foi rejeitada, ou seja, não houve correlação significativa entre a estrutura da vegetação e o ambiente (Tabela 4).

Por outro lado, o coeficiente de correlação de Spearman entre o pH e a umidade foi significativo ($rs = 0,57$; $p = 0,0004$). Essa multicolinearidade pode afetar os resultados da CCA interferindo na regressão múltipla subjacente a essa análise (MacCune e Grace, 2002). Existe a possibilidade

da CCA retornar um valor global de p significativo mesmo não havendo influência significativa das variáveis ambientais individualmente sobre a composição florística (Zar, 1999). Esse problema torna-se irrelevante neste estudo na medida em que as CCA's realizadas não acusaram nenhum valor global de p significativo (Tabela 2). A multicolinearidade também pode acarretar em imprecisão das estimativas dos erros-padrão dos coeficientes de regressão parciais e aumento da probabilidade de se incorrer em erro tipo II (Zar, 1999). Nesse contexto, a complementação das análises de gradiente com a NMS auxiliou a afastar a possibilidade desse tipo de erro, visto que a hipótese nula também não foi rejeitada nessa análise (Tabela 3).

Tabela 4. Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre a estrutura da vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré e as variáveis ambientais pH e umidade do solo.

Table 4. Values of the Spearman correlation coefficient between the structure of the vegetation resulting from secondary succession in the Avaré State Forest and the environmental variables pH and soil humidity.

	Diâmetro médio	Altura média	Densidade
pH	rs = -0,1193 p = 0,515	rs = -0,0979 p = 0,5816	rs = -0,0180 p = 0,9197
Umidade	rs = -0,0122 p = 0,9453	rs = -0,0636 p = 0,7210	rs = -0,0342 p = 0,8476

4 DISCUSSÃO

Os resultados relativos à riqueza e estrutura da vegetação sugerem condições ambientais propícias à sucessão secundária que vem ocorrendo de forma vigorosa na área, resultando em uma vegetação que apresenta considerável número de espécies e indivíduos, bem como porte relativamente elevado, conforme já apontado por Cielo-Filho e Souza (2016). Adicionalmente, é possível aferir o vigor da vegetação da área de estudo comparando os valores de riqueza (62 espécies) e densidade (10.706 ind.ha⁻¹) encontrados com os valores esperados para esses parâmetros no estrato regenerante de florestas estacionais semidecíduais originadas por meio de restauração ativa, aos sete anos de idade (Durigan et al., 2016). O valor esperado para a riqueza nessa idade é de 17 espécies e o valor esperado para a densidade é de 2.542 ind. ha⁻¹. Esses resultados são um indicativo de quão vantajosa pode ser a restauração passiva (sensu Aronson et al., 2011), relativamente à restauração ativa, quando as condições do sítio a ser restaurado são favoráveis à sucessão secundária. A estratégia da restauração passiva é considerada ecologicamente viável (Gilman et al., 2016) e mostra-se vantajosa economicamente por eliminar custos com produção ou compra de mudas, insumos e mão-de-obra com a manutenção dos plantios (Magnago et al., 2012).

O padrão dos gradientes edáficos encontrados neste estudo com maior acidez e menor umidade do solo nas porções mais elevadas da vertente corroboram os resultados obtidos por Corrêa (1983), em pesquisa realizada com os solos da região de Viçosa, MG, em que nas porções mais altas e inclinadas os solos são mais ácidos,

enquanto que em terrenos planos e principalmente nas baixadas os solos possuem maior basicidade.

O pH interfere diretamente no estado nutricional do solo e consequentemente da vegetação (Dick e Schumacher, 2015). A acidez elevada dos solos está diretamente relacionada com a deficiência de fósforo, indicando solos de baixa fertilidade (Camargos et al., 2008). Em relação à umidade do solo, o gradiente relacionado com a topografia é determinante para outras variáveis edáficas como Capacidade de Troca Catiônica (Lepsch, 2011; Van Raij, 2011). As bases trocáveis migram juntamente com a água a favor do gradiente gravitacional do topo para a baixada, onde também aumenta o acúmulo de matéria orgânica pelo fato de que a maior umidade acelera a ciclagem dos nutrientes provenientes da serapilheira acumulada (Lepsch, 2011; Van Raij, 2011). Essas influências do pH e da umidade sobre as propriedades edáficas podem ajudar a explicar a distribuição das espécies em escala local. Por exemplo, em um fragmento de floresta ombrófila mista, Higuchi et al., (2012) encontraram forte correlação entre atributos químicos do solo, principalmente o pH com a composição florística. Botrel et al., (2002), Souza et al., (2003) e Carvalho et al., (2005) consideraram significativa a influência da umidade do solo na composição florística da comunidade vegetal em florestas tropicais. Para Puig (2008) os padrões de distribuição das espécies estão diretamente ligados ao teor de umidade do solo.

Não obstante as informações disponíveis na literatura atestarem a influência do pH e da umidade do solo sobre a composição florística em florestas tropicais e subtropicais maduras (Botrel et al., 2002; Souza et al., 2003; Carvalho et al., 2005;

John et al., 2007; Legendre et al., 2009; Higuchi et al., 2012; Lin et al., 2013), os gradientes ambientais associados com a topografia encontrados na área de estudo não foram suficientes para interferir na composição florística e na estrutura da vegetação. Esse contraste de resultados pode estar relacionado ao fato de que a composição florística das florestas em estádios sucessionais iniciais é diferente da composição dos estádios mais avançados. Assim, possivelmente, os fatores edáficos não exerceriam influência sobre um conjunto de espécies tão diferenciado. Ademais, nos estádios iniciais de sucessão o sinal dos fatores abióticos não-edáficos tipicamente ligados ao processo sucessionais (quantidade e qualidade da luz, temperatura e umidade do ar) pode se sobrepor ao sinal dos fatores edáficos anulando este filtro ambiental ou tornando-o imperceptível. Alternativamente a essas explicações, pode-se conjecturar que outras variáveis edáficas não analisadas no presente estudo poderiam exercer influência sobre a vegetação, havendo, assim, necessidade de inclusão de mais variáveis para esclarecer o papel das variações edáficas na montagem de comunidades em estágios sucessionais iniciais.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que a montagem da comunidade estudada, particularmente no que diz respeito à composição florística e estrutura da vegetação, não foi influenciada pelas variáveis ambientais pH e umidade atual do solo, que ordinariamente se destacam na montagem de comunidades maduras. São necessários novos trabalhos que venham avaliar o papel de outras variáveis edáficas na montagem de comunidades de floresta estacional semidecidual em estádios iniciais de sucessão, a fim de entender os processos envolvidos na regeneração natural dessas florestas fornecendo, assim, informações relevantes para a restauração ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV - APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p.1–20, 2016.
- ARONSON J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P.H.S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **IF Série Registros**, v.44, p. 1-38, 2011.
- BOTREL, R.T. et al. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbórea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 195-213, 2002.
- CAMARGOS, V.L.D. et al. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecidual no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 75-84, 2008.
- CARVALHO, D.A.C. et al. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 91-109, 2005.
- CIELO-FILHO, R.; SOUZA, J.A.D. Assessing passive restoration of an Atlantic Forest site following a *Cupressus lusitanica* Mill. plantation clearcutting. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 475-488, 2016.
- CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa**. 1983. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DICK, G.; SCHUMACHER, M.V. Relações entre solo e fitofisionomias em florestas naturais. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.3, n.2, p.31-39, 2015.
- DURIGAN, G.; SUGANUMA, M.S.; MELO, A.C.G. Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 463-474, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. SW-846 Manual. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/main.htm#table>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. (Coord.). **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 1989. 62 p.

FLORA BRASILEIRA 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2000 a 2005**. 2008. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

GILMAN, A.C. et al. Recovery of floristic diversity and basal area in natural forest regeneration and planted plots in a Costa Rican wet forest. **Biotropica**, v. 48, n. 1, p. 798–808, 2016.

HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimento para mapeamento**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE–Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2012. 272 p.

JOHN, R. et al. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, p. 864–869, 2007.

LEGENDRE, P. et al. Partitioning betadiversity in a subtropical broadleaved forest of China. **Ecology**, v. 90, p. 663–674, 2009.

LEPSCH, I.F. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LIN, G. et al. Separating the effects of environment and space on tree species distribution: from population to community. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, 2013. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0056171>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

MAGNAGO, L.F.S. et al. Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S.V. (Ed): **Restauração ecológica de sistemas degradados**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. p. 69-100.

MARTINS, S. V. et al. Caracterização do dossel e do estrato de regeneração natural no sub-bosque e em clareiras de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 759-767, 2008.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 163, n. 1, p. 51-62, 2002.

MCCUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of ecological communities**. Gleneden Beach: MjM Software, 2002. 300 p.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data**. Version 5.0. Gleneden Beach: MjM Software, 1999.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 2008. 476 p.

RAMOS, V.S. et al. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: Guia de identificação de espécies**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 312 p.

RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SENTELHAS, P.C. et al. BHBRASIL: Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SOUZA, J.S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um trecho de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 27, p. 185-206, 2003.

TABARELLI, M. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

VIANA, V.M. et al. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic Moist forest. In: LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD Jr., R.O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. p. 351-365.

WALKER, L.R.; WALKER, J.; HOBBS, R.J. (Eds.). **Linking restoration and ecological succession**. New York: Springer, 2007. 190 p.

YANG, Q.S. et al. Detangling the effects of environmental filtering and dispersal limitation on aggregated distributions of tree and shrub species: life stage matters. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, 2016. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0156326>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jearsey: Prentice Hall, 1999. 663 p.

ZHAO, L. et al. Effects of topographic and soils factors on wood species assembly in a Chinese Subtropical Evergreen Broadleaved Forest. **Forests**, v. 6, n. 3, p. 650-669, 2015.