

ISSN Online 2178-5031

Revista do

INSTITUTO
FLORESTAL

jun. 2019

n. 1

v. 31

Revista do Instituto Florestal

v. 31 n. 1 p. 1 - 80 jun. 2019

GOVERNADOR DO ESTADO

João Doria

SECRETÁRIO DE INFRAESTRUTURA E DO MEIO AMBIENTE

Marcos Penido

SUBSECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

Eduardo Trani

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Luis Alberto Bucci

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v. 31 n. 1 p. 1 - 80 jun. 2019

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	2000, 12(1-2)	2011, 23(1-2)
1990, 2(1-2)	2001, 13(1-2)	2012, 24(1-2)
1991, 3(1-2)	2002, 14(1-2)	2013, 25(1-2)
1992, 4	2003, 15(1-2)	2014, 26(1-2)
1993, 5(1-2)	2004, 16(1-2)	2015, 27(1-2)
1994, 6	2005, 17(1-2)	2016, 28(1-2)
1995, 7(1-2)	2006, 18	2017, 29(1-2)
1996, 8(1-2)	2007, 19(1-2)	2018, 30(1-2)
1997, 9(1-2)	2008, 20(1-2)	2019, 31 (1)
1998, 10(1-2)	2009, 21(1-2)	
1999, 11(1-2)	2010, 22(1-2)	

A Revista do Instituto Florestal é filiada à Associação Brasileira de Editores Científicos – ABEC.

Fontes de indexação

- Academic Journal Database
- International System of Agricultural Science and Technology – AGRIS
- Directory of Open Access Journal – DOAJ
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal – Latindex
- Open Access Library – OALib
- Directory of Open Access Scholarly Resources – ROAD
- Sumários de Revistas Brasileiras

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal
Rua do Horto, 931
Cep: 02377-000 – São Paulo – SP
Telefone/ Fax: (11) 2231-8555 – ramal: 2043
<http://www.iflorestal.sp.gov.br>
Email: publica@if.sp.gov.br

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla – **EDITOR-CHEFE/EDITOR-IN-CHIEF**

Eduardo Luiz Longui – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

Maurício Ranzini – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin
FCA – UNESP – Botucatu

Isabele Sarzi Falchi
Instituto Biológico

Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI – UNICAMP

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal (aposentada)

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Paulo Andreetto de Muzio
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas

CONSELHO EDITORIAL/EDITORIAL COUNCIL

Alain Philippe Chautems – *Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève, Suíça*

Eduardo Salinas Chávez – *Universidad de la Habana, Cuba*

Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues – *UFSCAR – Sorocaba*

George John Shepherd – *IB-UNICAMP*

Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo – *Instituto de Botânica*

Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – *IB-USP*

Robin Chazdon – *The University of Connecticut, EUA*

Sueli Angelo Furlan – *FFLCH-USP*

**REVISÃO GERAL
GENERAL REVIEW**

Marilda Rapp de Eston

**CRIAÇÃO DA CAPA
COVER ART**

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Regiane Stella Guzzon

**EDITORAÇÃO GRÁFICA
GRAPHIC EDITING**

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Luisa Sadeck dos Santos

**TRATAMENTO DE IMAGENS
IMAGE EDITING**

Luisa Sadeck dos Santos

ANALISTAS/REFEREES

Alexsander Zamorano Antunes
Instituto Florestal

Antonio Carlos Galvão de Melo
Instituto Florestal

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Edgar Fernando de Luca
Instituto Florestal

Edson Possidonio Teixeira
Instituto Agronômico de Campinas

Gustavo Armani
Instituto Geológico

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

Karinne Reis Deusdará Leal
*Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de
Desastres Naturais - CEMADEN*

Keila Caroline Dalle Laste
Revisora independente

Luciana Ferreira Alves
University of California - USA

Paulo Henrique Muller da Silva
Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- PH e da Umidade do solo não explicam a montagem da comunidade vegetal de Floresta Estacional Semidecidual em regeneração após silvicultura. Soil pH and humidity does not explain the assembly of the seasonal semideciduous forest plant community in regeneration after forestry. Zoraide VALERIO; Carla Daniela CAMARA; Vanda dos Santos SILVA; Roque CIELO-FILHO..... 7 - 20
- Levantamento acarológico no Horto Florestal de Avaré (SP): uma contribuição à prevenção da febre maculosa brasileira. Acarological field survey in Avaré Forest Garden, São Paulo state, Brazil: a contribution to rocky mountain spotted fever prevention. Alessandra Augusta de FREITAS; Edgar Fernando de LUCA; Carolina Vieira da SILVA; Silvio Carvalho da SILVA; Thiago Fernandes MARTINS; Dhemerson Estevão Conciani COSTA..... 21 - 31
- Caracterização de atributos físico-hídricos do solo sob diferentes tipos de vegetação em lisímetro no Parque Estadual da Serra do Mar. Characterization of physical-hydric attributes of soil under different types of vegetation in lysimeter in the Serra do Mar State Park. Luiza Zulian PINHEIRO; José Luiz de CARVALHO; Maurício RANZINI; Caio Vinicius Ferreira MARMONTEL; Valdemir Antonio RODRIGUES..... 33 - 46
- Avaliação da evapotranspiração em *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla* com lisímetros de drenagem planos na Serra do Mar, Cunha-SP. Evaluation of evapotranspiration in *Pinus elliottii* and *Eucalyptus urophylla* with flat drainage lysimeters in the Serra do Mar, Cunha-SP. Maurício RANZINI; Francisco Carlos Soriano ARCOVA; Valdir de CICCO; Roberto STARZYNSKI.... 47 - 56
- Estimativa de parâmetros e predição de valores genéticos em clones de *Pereskia aculeata* Mill. Genetic parameters estimates and prediction of breeding values in clones of *Pereskia aculeata* Mill. Weverton Gavlik dos SANTOS; Fernanda Bortolanza PEREIRA; Isabel HOMCZINSKI; Leonardo Vannucchi MUNHOZ; Fabiana Schmidt Bandeira PERES; Evandro Vagner TAMBARUSSI..... 57 - 64
- Gradiente de umidade e suas implicações nas tensões de secagem, quantidade e dimensões de rachaduras de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos. Moisture gradients and their implications on drying and quantity, crack dimensions on the wood of 15-year-old *Eucalyptus tereticornis*. Maiara TALGATTI; Amanda Grassmann da SILVEIRA; Talita BALDIN; Laura Hoffmann de OLIVEIRA; Elio José SANTINI..... 65 - 74
- NOTA CIENTÍFICA/SCIENTIFIC NOTE
- The importance of sampling anthropized areas of Atlantic Forest for new records of woody species. A importância de amostrar áreas antropizadas de Mata Atlântica para novos registros de espécies lenhosas. Lucas Costa Monteiro LOPES; Thiago Azevedo AMORIM; Laís Barbaliolí MACEDO; Bruno Henrique Pimentel ROSADO..... 75 - 80

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.

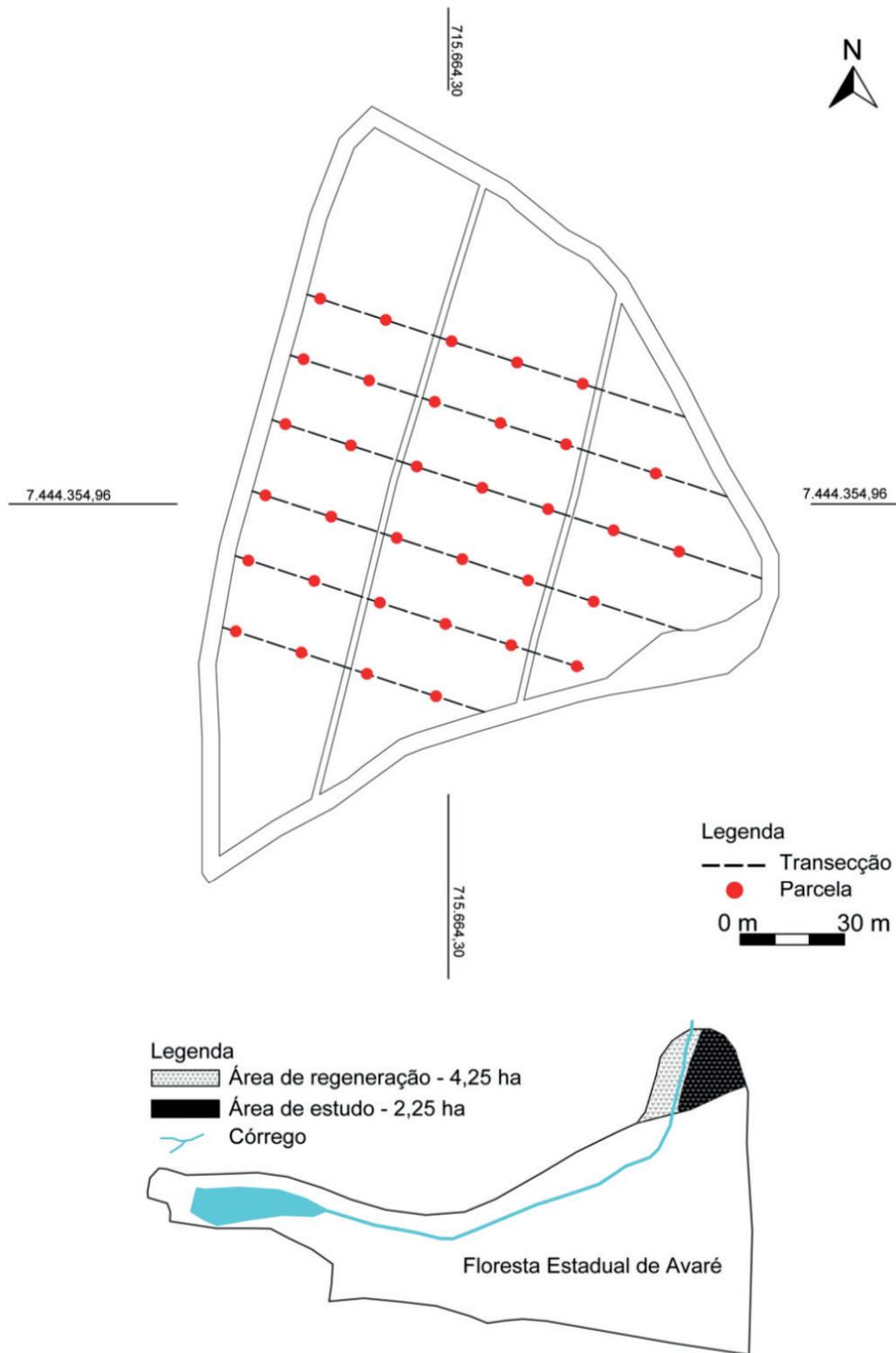


Figura 1. Floresta Estadual de Avaré com a localização da área de estudo e representação do desenho amostral.

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> (Dirr.) 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	
LACISTEMATAACEAE			
<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	
MELASTOMATAACEAE			
<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.

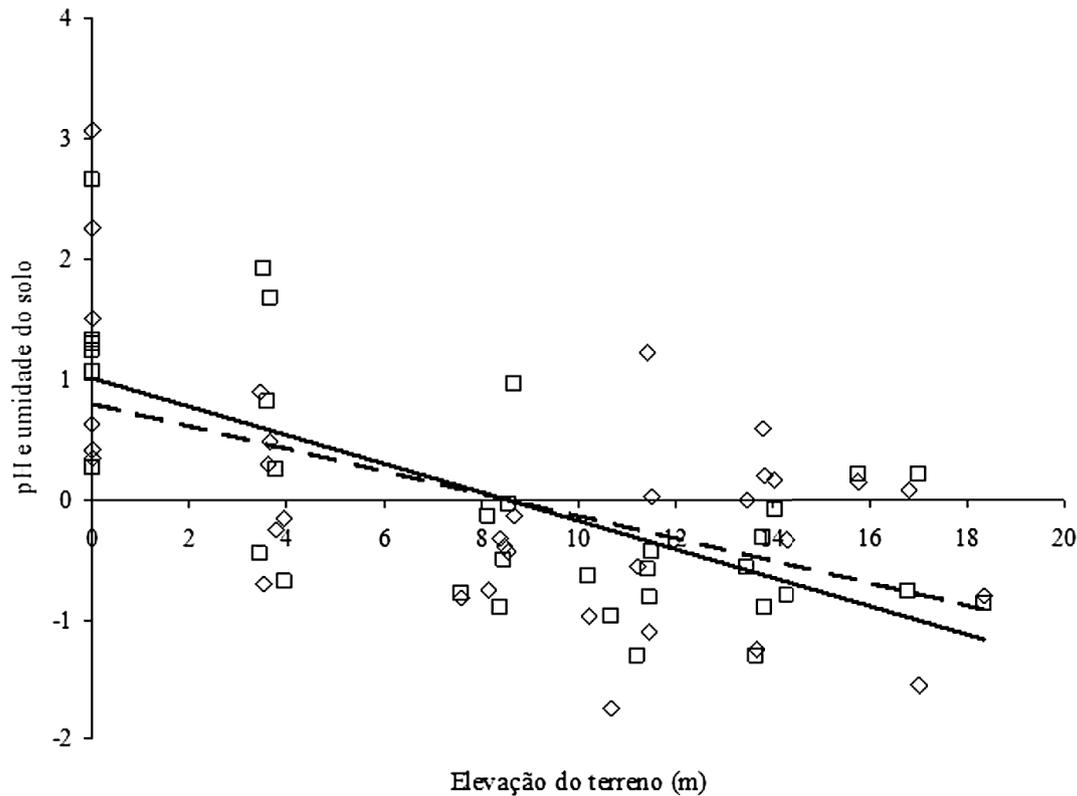


Figura 2. Relação entre as variáveis ambientais umidade do solo e pH (valores padronizados) e a elevação do terreno na área ocupada por vegetação resultante de sucessão secundária na Floresta Estadual de Avaré. Linha sólida e quadrados para umidade ($R^2 = 0,46$), linha tracejada e losangos para pH ($R^2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

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 conseqüentemente 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 sucessional (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.

VALÉRIO, Z. et al. PH e umidade do solo não explicam a montagem de uma Floresta Atlântica em regeneração

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**. Glendeden Beach: MjM Software, 2002. 300 p.

McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data**. Version 5.0. Glendeden 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.

LEVANTAMENTO ACAROLÓGICO NO HORTO FLORESTAL DE AVARÉ (SP): UMA CONTRIBUIÇÃO À PREVENÇÃO DA FEBRE MACULOSA BRASILEIRA¹

ACAROLOGICAL FIELD SURVEY IN AVARÉ FOREST GARDEN, SÃO PAULO STATE, BRAZIL: A CONTRIBUTION TO ROCKY MOUNTAIN SPOTTED FEVER PREVENTION

Alessandra Augusta de FREITAS²; Edgar Fernando de LUCA^{3,8}; Carolina Vieira da SILVA⁴; Silvio Carvalho da SILVA⁵; Thiago Fernandes MARTINS⁶; Dhemerson Estevão Conciani COSTA⁷

RESUMO - A Febre Maculosa Brasileira é uma zoonose causada pela bactéria *Rickettsia rickettsii*, transmitida a humanos e a animais por meio da picada de carrapatos infectados, podendo levar à morte. Popularmente conhecido como carrapato-estrela, a espécie *Amblyomma sculptum* é um importante vetor da doença no país. Devido ao elevado número de casos registrados recentemente, estudos acarológicos são essenciais, principalmente em áreas com intenso fluxo de pessoas. O objetivo deste estudo foi realizar levantamentos acarológicos no Horto Florestal de Avaré por meio das técnicas de captura de carrapatos por arrasto de flanela e armadilha de CO₂ (gelo seco). Foram realizadas amostragens pela flanela no final do período chuvoso e pela flanela e pelo gelo seco no início do período seco. Todos os indivíduos capturados pertenciam ao gênero *Amblyomma*. Adultos foram identificados como *Amblyomma dubitatum*. Pelo método da flanela foram capturados entre zero e 164 indivíduos imaturos (larva ou ninfa); e pelo método do gelo seco entre zero e 457 imaturos e entre zero e dois adultos. Embora a técnica por arrasto de flanela seja de mais simples aplicação esta mostrou-se menos eficiente que o gelo seco na captura de indivíduos em estágios imaturos, e inapta para a captura de adultos. Portanto, o uso do gelo seco foi a técnica mais recomendada para captura de carrapatos nas condições desse estudo.

Palavras-chave: Zoonose; capivara; carrapato; saúde pública; endemia; áreas verdes.

ABSTRACT - Rocky Mountain Spotted Fever is a zoonosis caused by *Rickettsia rickettsii* bacterium, transmitted to humans and animals through the bite of infected ticks, can lead to death. Popularly known as tick-star *Amblyomma sculptum* specie represent an important vector of this disease in Brazil. As an elevated number of cases occurred recently in country we must attempt to find ticks occurrence, especially in areas visited by many people. The aim of this study was to carry out two methods of ticks capture: i) dragging flannel and ii) CO₂ trap (dry ice). The first one was applied in two times on 2018, at the end of rainy season and at beginning of dry season, when CO₂ trap was also applied. All sampled ticks belong to *Amblyomma* genus and adults were identified as *Amblyomma dubitatum*. We found between zero and 164 immature individuals (larva or nymph) by flannel; while dry ice allowed to find between zero and 457 immature and between zero and two adults quantities. Although dragging flannel is simpler to apply than CO₂ trap, it was not as efficient as this last one, besides being unsuitable to capture adults individuals. Therefore, dry ice was the most recommended technique to capture ticks under the conditions of this study.

Keywords: Zoonosis; capybara; tick; public health; endemic; Natural Park.

¹ Recebido para análise em 11.04.2019. Aceito para publicação em 18.06.2019.

² Acadêmica em Ciências Biológicas da Faculdade Eduvale, Avaré-SP. Bolsista Instituto Florestal / Centro de Integração Empresa-Escola – CIEE.

³ Pesquisador do Instituto Florestal, São Paulo-SP. Supervisor de estágio da primeira autora.

⁴ Docente da Faculdade Eduvale. Orientadora de Trabalho de Conclusão de Curso da primeira autora.

⁵ Engenheiro Agrônomo da Superintendência de Controle de Endemias – SUCEN, Sorocaba-SP.

⁶ Pesquisador da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP, São Paulo-SP.

⁷ Mestrando do Instituto de Biociências – UNESP, Rio Claro-SP.

⁸ Autor para correspondência: Edgar Fernando de Luca - efluca@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A Febre Maculosa Brasileira - FMB é uma doença infecciosa febril aguda, transmitida por carrapatos do gênero *Amblyomma* e causada pela bactéria *Rickettsia rickettsii* Brumpt, 1922 (Pinter et al., 2016), podendo levar à morte. Diagnóstico tardio ou falta de tratamento específico podem resultar em taxas de letalidade entre 75% e 80% (Gurgel et al., 2009). A primeira menção clínica da doença no continente americano ocorreu em 1896, nos Estados Unidos, sob a denominação “sarampo preto” (*black measles*). A partir de 1899 passou a ser chamada de “Febre das Montanhas Rochosas” (*Rocky Mountain Spotted Fever*), termo em inglês empregado até hoje para se referir à doença. Howard Taylor Ricketts destacou-se nos estudos da doença sob esta denominação, e seu sobrenome foi referenciado no gênero destes microrganismos (Gurgel et al., 2009).

No Brasil o primeiro caso da doença foi registrado em 1929 por Dias e Martins (1931), na cidade de São Paulo, onde se registrou também o primeiro foco da doença, culminando num surto que entre 1929 e 1933 ocasionou 88 casos no estado. Assim, o médico José Toledo Piza aprofundou os estudos da doença no Hospital Emílio Ribas, denominando-a “*Tipho Exanthemático de São Paulo*”. Porém, foi entre as décadas 1930 e 1940, quando Minas Gerais também foi atingida pela doença, que ela passou a ser denominada Febre Maculosa Brasileira (Gurgel et al., 2009). Atualmente é uma doença de Notificação Compulsória Imediata, e deve ser comunicada às autoridades locais de saúde em até 24 horas a partir do conhecimento de ocorrência do caso (Brasil, 2017).

Devido ao hábito alimentar hematófago o gênero *Amblyomma* representa o segundo grupo em importância de vetores de doenças infecciosas no Brasil (São Paulo, 2004). Desde aproximadamente duas décadas, têm-se observado a proliferação de populações de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) em regiões urbanizadas próximas a áreas verdes. Capivara, rato-do-banhado (*Myocastor coypus* Molina, 1782) e gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826) são hospedeiros naturais de *Amblyomma sculptum* Berlese, 1888 e capivara atua também como hospedeiro de *Amblyomma dubitatum* Neumann, 1899 (Lemos

et al., 1996; Peres et al., 2008). Sendo assim, este roedor desperta importante cuidado, pois, segundo o Professor Dr. Marcelo Bahia Labruna – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP, sendo hospedeiro do gênero *Amblyomma*, torna-se um dos principais portadores da *Rickettsia rickettsii*, sendo considerado um hospedeiro amplificador desse microrganismo (Dias, 2008).

Levantamentos acarológicos realizados em áreas verdes onde acontece visita pública têm mostrado que as espécies de carrapatos apresentam sazonalidade quanto aos picos de ocorrência. Indivíduos dos estágios imaturos (larva e ninfa) ocorrem em praticamente o ano todo, enquanto adultos apresentam sazonalidades de ocorrência. *Amblyomma sculptum* ocorre preferencialmente entre a primavera e o verão, e *Amblyomma dubitatum* preferencialmente entre o inverno e a primavera (Souza et al., 2006; Guedes e Cerqueira Leite, 2008; Toledo et al., 2008). Porém, os resultados apresentados por esses autores mostram um intervalo entre abril e junho quando ocorre maior dificuldade de encontrar adultos dessas espécies.

Nesse contexto, fazer avaliações periódicas em áreas com ocorrência de capivaras é importante para a vigilância, prevenção e controle de zoonoses (São Paulo, 2004). Este é o caso do Horto Florestal de Avaré, onde a visita é estimada numa média de 100 pessoas por dia. A classificação de áreas quanto à presença do agente causal da FMB no estado de São Paulo deve ser feita após a atividade de investigação de focos de carrapatos. A classificação leva em conta a presença de carrapatos do gênero *Amblyomma*, associada à presença de seres humanos (São Paulo, 2016).

No estado de São Paulo a série histórica recente (2007-2018) de ocorrência da FMB mostra que o número de casos aumentou de 32 (2007) e 44 (2008) para 63 em 2009, e até o final da série esteve acima de cinco dezenas de casos anuais, totalizando 784 casos no período considerado (São Paulo, 2019a). Em 2018 o número de casos registrados foi 94, com 49 óbitos, 43 curas e dois casos não confirmados. Os municípios com maior número de casos registrados foram: Americana (16); Limeira, Pedreira e São José dos Campos (6) e Campinas (4) (São Paulo, 2019b). Os maiores índices de ocorrência da doença estão associados às regiões mais densamente povoadas do estado, sobretudo em municípios

com menores áreas de remanescentes florestais, maiores áreas ocupadas com culturas agrícolas e maior porcentagem de população residente em área rural (Ribeiro et al., 2013).

A importância da FMB como questão de saúde pública motivou o desenvolvimento desta pesquisa, cujo objetivo foi a comparação de duas técnicas de levantamento acarológico no Horto Florestal de Avaré, por meio de amostragens por arrasto de flanela e por armadilha de gelo seco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

Os levantamentos acarológicos foram realizados na Floresta Estadual de Avaré I (popularmente conhecida como “Horto Florestal de Avaré”), 23° 05’ 40” a 23° 06’ 14” Latitude Sul e 48° 53’ 37” a 48° 54’ 48” Longitude Oeste. Trata-se de uma área administrada pelo Instituto Florestal – IF,

vinculado à Secretaria Estadual de Infraestrutura e Meio ambiente - SIMA (São Paulo, 2019c). O Horto Florestal de Avaré possui área de 95 ha onde ocorrem fragmentos de floresta estacional semidecidual, florestas plantadas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, 1898) e florestas plantadas com outras espécies florestais nativas e exóticas, estas, principalmente representantes dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Trata-se de uma das principais áreas verdes do município, com média de visitação pública estimada em 100 pessoas por dia, com maior concentração aos finais de semana.

A região específica do Horto Florestal amostrada pelo levantamento acarológico foi o entorno do lago (Figura 1) (espelho d’água com área aproximada de 1.500 m²), sendo este o principal atrativo à visitação pública. Seu entorno abriga uma população de capivaras (Figura 2a) estimada em torno de 30 indivíduos. A presença de filhotes evidencia que a população está bem adaptada ao ambiente (Figura 2b).



Figura 1. Área de estudo: entorno do lago do Horto Florestal de Avaré, com a identificação dos pontos de amostragem do levantamento acarológico. Fonte: Google Earth.

Figure 1. Study site: Avaré’s Forest Garden lake around. Yellow dots shows sampling points to acarological surveys. Source: Google Earth.

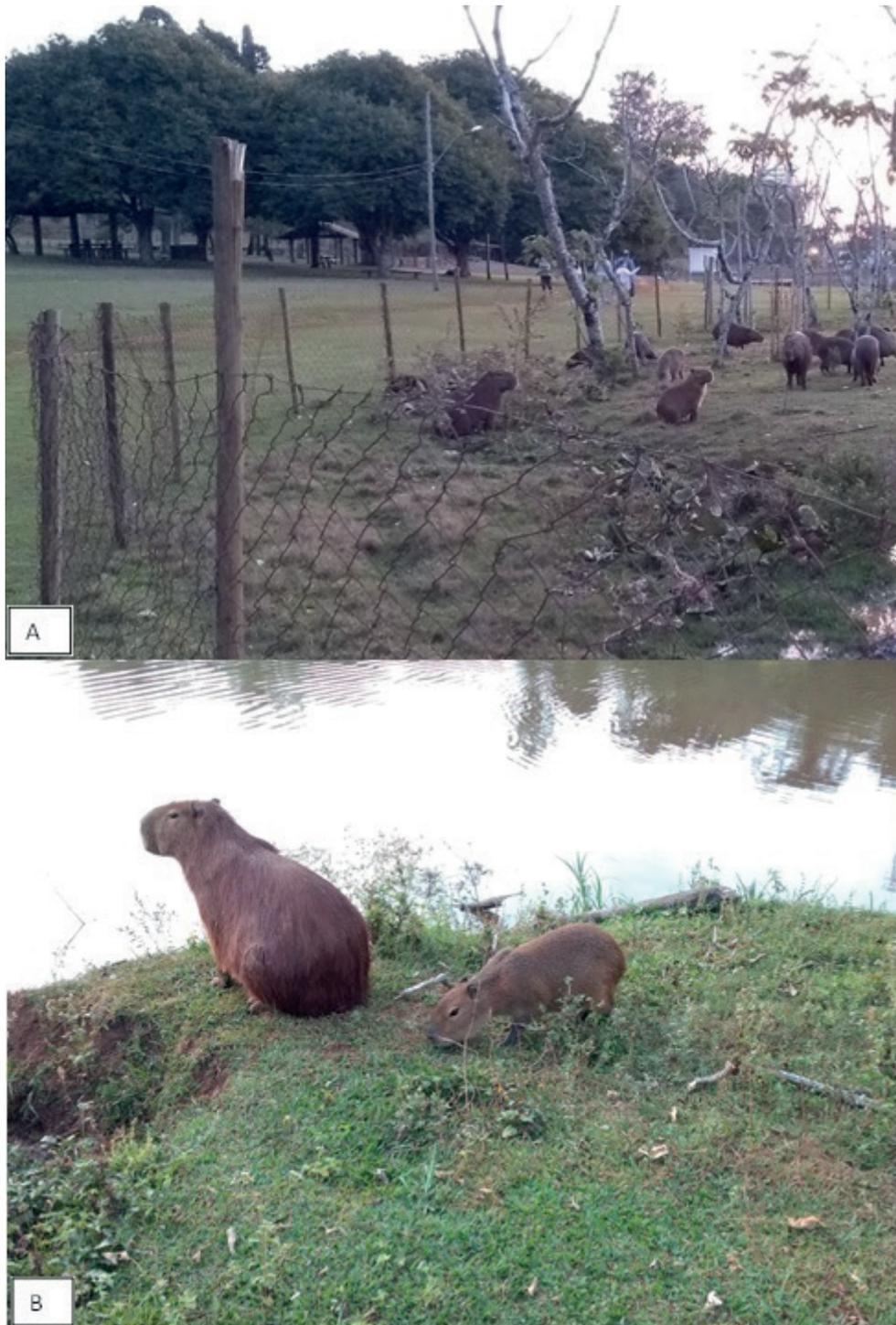


Figura 2. Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) às margens do lago localizado no Horto Florestal de Avaré. A: pro-ximidade com pessoas visitantes e B: ocorrência de filhotes. Foto: Edgar Fernando de Luca.

Figure 2. Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) by the Avaré's Forest Garden lake around. A: proximity to visitors and B: puppies capybara presence. Foto: Edgar Fernando de Luca.

2.2 Amostragens

Foram empregadas duas técnicas de amostragens: i) arrasto de flanela e ii) armadilha de CO₂ (gelo seco). A primeira técnica consiste em arrastar uma flanela branca (1,50 m x 0,80 m) o mais próximo possível da superfície (Figura 3a), cobrindo área de 50 m² (10m x 5m). No decorrer e ao final do arrasto os carrapatos fixados no pano são capturados e acondicionados. A técnica da armadilha de CO₂ consiste em manter 400 g de gelo seco no centro de uma flanela branca (80 cm x 80 cm) sob a superfície do terreno (Figura 3b), por 1h 30 min. Os carrapatos atraídos à flanela pelo CO₂, formado durante a sublimação do gelo seco, são capturados (utilizando uma pinça, ou manualmente) e acondicionados. Os carrapatos capturados foram acondicionados em frascos plásticos (60 ml) contendo álcool a 70%. A metodologia de coleta foi baseada no Manual de Vigilância Acarológica da Superintendência de Controle de Endemias – SUCEN (São Paulo, 2004).

Foram demarcados cinco pontos de amostragem no entorno do lago (Figura 1), com aplicação de três réplicas para cada ponto, totalizando 15 amostras (n=15) para cada uma de três situações, as quais ocorreram em dois períodos: i) final do período chuvoso (abril/2018), para o arrasto de flanela, e ii) início do período seco (junho/2018) para arrasto de flanela e para armadilha de gelo seco. Na coleta de junho/2018 as alocações foram pareadas, numa distância de 2 m entre cada ponto de flanela e de gelo seco. Dessa maneira o total de amostras durante todo o período de estudo foi n=45.

Para a realização dessas atividades seguiu-se as recomendações de segurança descritas no Manual de Vigilância Acarológica – Estado de São Paulo (São Paulo, 2004).

2.3 Identificação dos indivíduos

Os carrapatos coletados foram encaminhados ao laboratório de Doenças Parasitárias da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – USP, Campus São Paulo e à unidade da SUCEN Sorocaba, para identificação dos estágios de desenvolvimento (larva, ninfa e adulto) e das espécies. Para a identificação e contagem os indivíduos foram colocados em placas de Petri e analisados em lupa com aumento de 10 vezes. As larvas e as ninfas

foram identificadas a nível de gênero e os adultos a nível de espécie, utilizando-se chaves taxonômicas descritas por Guimarães et al., 2001. Juntamente com a identificação procedeu-se a contagem de indivíduos em cada estágio.

2.4 Análise estatística

Os valores dos somatórios dos indivíduos em todos os estágios de desenvolvimento foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) para uma mesma metodologia de captura (arrasto de flanela) entre dois períodos de amostragem (abril/2018 x junho/2018) e entre duas metodologias de captura (arrasto de flanela x armadilha de gelo seco) em um mesmo período de amostragem (junho/2018). Foram considerados três níveis de significância estatística (1%, 5% e 10%). Quando a Análise de Variância foi significativa aplicou-se o teste Tukey HSD (Honestly Significant Difference) para comparação de médias entre as situações descritas. Para a realização das análises foi utilizado o software “R” (R CORE TEAM, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os indivíduos capturados pertenciam ao gênero *Amblyomma*. Adultos foram identificados como *Amblyomma dubitatum*. As maiores quantidades de indivíduos ocorreram para o estágio larval, seguidas por ninfa e adulto. Os valores médios e totais (n=15) para a coleta realizada em abril/2018 foram, respectivamente, Flanela: larva (24,9 e 373), ninfa (0,13 e 2) e adulto (zero); e para a coleta em junho/2018 foram, respectivamente, Flanela: larva (10,9 e 163), ninfa (0,07 e 1) e adulto (zero); Gelo Seco: larva (30,2 e 453), ninfa (0,93 e 14) e adulto (0,87 e 2) (Tabela 1).

A análise de variância mostrou que não houve diferença para o método de captura por arrasto de flanela entre os períodos amostrados, apesar da diferença de mais de duas vezes entre as coletas de abril (375) e junho (164). Houve diferença entre os métodos de captura para o mesmo período de amostragem (junho) entre arrasto de flanela (164) e armadilha de gelo seco (469) no nível de significância 10% (p<0,1). O fato de não ter ocorrido diferença nos níveis de significância mais estritos foi, provavelmente, devido aos elevados valores dos coeficientes de variação (CV%), entre 107% e 246% (Tabela 1).



Figura 3. Técnicas de levantamento acarológico utilizadas: arrasto de flanela (A) e armadilha de gelo seco (B). Foto: José Carlos dos Santos.

Figure 3. Applying of acarological surveys techniques: dragging flannel (A) and dry ice trap (B). Foto: José Carlos dos Santos.

Tabela 1. Quantidade de carrapatos capturados por meio das técnicas do arrasto de flanela e da armadilha de gelo seco no Horto Florestal de Avaré.

Table 1. Numbers of ticks caught by dragging flannel and by dry ice trap techniques in Avaré's Forest Garden.

Estágio de Desenvolvimento	Técnica de Captura de Carrapatos		
	Arrasto de Flanela		Armadilha de gelo seco
	Abril / 2018	Junho / 2018	Junho / 2018
Larva – L	373	163	453
Ninfa – N	2	1	14
Adulto – A	0	0	2
Soma (L+N+A)	375 ns	164 ns A	469 B
CV (%) (soma)	137	246	107

ns = não significativo de acordo com a análise de variância (comparação entre as datas abril/2018 e junho/2018, para a técnica do arrasto de flanela). As letras indicam diferença entre as técnicas do arrasto de flanela e da armadilha de gelo seco (para a data junho/2018; $p < 0,1$).

ns = not significant according variance analysis (comparison between April / 2018 to June / 2018 dates considering dragging flannel technique). Letters indicates difference between dragging flannel and dry ice trap techniques (June / 2018, $p < 0.1$).

A Figura 4 mostra as elevadas variabilidades na abundância de indivíduos capturados nos cinco pontos de coleta. Importante diferenciação quanto aos resultados de captura pode ser visualizada na comparação dos pontos 4 e 5 para a flanela e o gelo seco (junho/2018). Enquanto para a flanela os resultados de captura foram zero, para gelo seco variaram entre nove e 107 indivíduos. Apesar da discrepância não é possível afirmar se tais valores resultam das eficiências dos métodos ou da distribuição dos indivíduos no campo. Portanto, nessas condições, a técnica do gelo seco mostrou ser mais eficiente em captura de carrapatos, proporcionando valor quase três vezes maior do que a quantidade de indivíduos capturados pela técnica do arrasto de flanela (considerando a mesma época de amostragem). Outra deficiência apresentada pela técnica da flanela foi a ineficácia para captura de indivíduos adultos. O valor de captura de adultos (2) ocorrido no presente levantamento esteve muito abaixo dos valores registrados na literatura.

Souza et al. (2006) realizaram levantamentos acarológicos quinzenais em mata ciliar de Jaguariúna-SP por meio de armadilhas de gelo seco, entre novembro de 2000 e outubro de 2002. Os autores descreveram que o método de captura foi eficiente para a coleta de todos os estágios de

Amblyomma spp., e os picos de larvas ocorreram durante praticamente o ano todo. No caso das ninfas, as maiores abundâncias ocorreram de julho a dezembro, período que coincide com o aumento de casos de FMB na região do local de estudo e em outras áreas endêmicas de São Paulo e Minas Gerais. Adultos de *Amblyomma dubitatum* apresentaram os maiores picos a partir de julho, diferenciando-se do padrão observado para adultos de *Amblyomma sculptum*.

Toledo et al. (2008) realizaram levantamentos acarológicos mensais (entre agosto de 2006 e julho de 2007) ao redor de uma represa em um parque municipal localizado no perímetro urbano de Londrina-PR, cuja vegetação é de Mata Atlântica característica do norte do Paraná. O local de coleta é conhecido habitado por capivaras. Para a captura de larvas foi utilizada a técnica do arrasto de flanela, e para a captura de ninfas e adultos, a armadilha de gelo seco. Os resultados mostraram maior quantidade de larvas em dois picos definidos: out. – dez./2006, com 9.676 indivíduos (38%) e abr. – jun./2007, com 10.142 indivíduos (40%). Ninfas do gênero *Amblyomma* foram encontradas em todos os meses estudados, com maiores quantidades observadas em out./2006, com 3.617 indivíduos (29%) e outros picos menores, em ago./2006, mar./2007 e jul./2007 com quantidades variando entre 1.531 e 1.806 indivíduos.

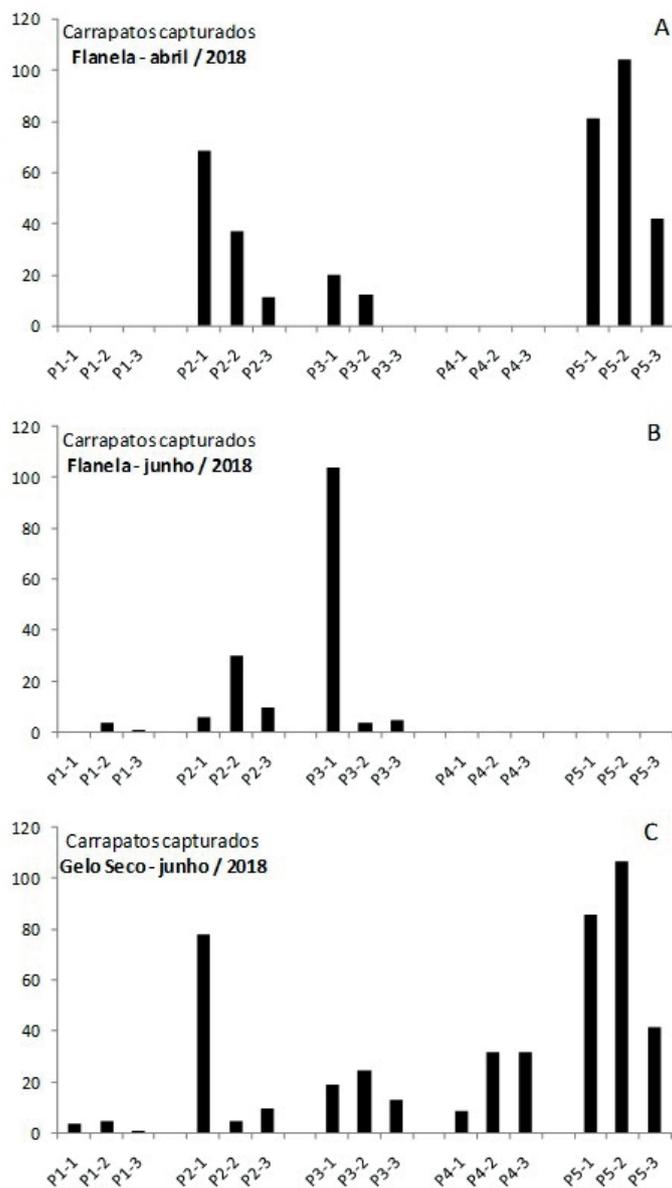


Figura 4. Quantidade de carrapatos capturados (larva + ninfa + adulto) por: arrasto de flanela em abril / 2018 – A; arrasto de flanela em junho / 2018 – B e armadilha de gelo seco em junho / 2018 – C.

Figure 4. Numbers of caught ticks (larva + nymph + adult) by: dragging flannel in April / 2018 – A; dragging flannel in June / 2018 – B and dry ice trap in June / 2018 – C.

Adultos de *Amblyomma sculptum* foram encontrados na vegetação do parque com dois picos definidos: out. – nov./2006, com 227 indivíduos (41%) e jan./2007, com 228 indivíduos (41%). Adultos de *Amblyomma dubitatum* também apresentaram dois picos definidos: set. – out./2006, com 1.287 indivíduos (62%); e jul./2007, com 451 indivíduos (28%).

Guedes e Cerqueira Leite (2008) estudaram uma área de pastagem, próximo à área de várzea, em Coronel Pacheco-MG, descrito como área endêmica para a FMB. Os levantamentos acarológicos ocorreram a cada 14 dias, entre maio de 2006 e abril de 2008. Os autores descreveram a presença de capivaras, bovinos e cães. Para a captura de larvas foi utilizada a técnica do arrasto de flanela e para

a captura de ninfas e adultos, a armadilha de gelo seco. Picos populacionais bem definidos ocorreram em mai./2006, abr. – mai./2007, out. – nov./2007 e abr./2008. Ninfas apresentaram picos populacionais entre os meses de junho e novembro. Adultos ocorreram durante todos os meses do ano com aumento populacional de outubro até março para *Amblyomma sculptum* e de agosto até abril para *Amblyomma dubitatum*. Durante os dois anos do experimento, foram coletadas 4.751 larvas e 2.840 ninfas do gênero *Amblyomma* e 328 adultos de *A. sculptum* e 292 adultos de *A. dubitatum*.

Os resultados obtidos pelo presente estudo evidenciaram a assertiva na escolha dos métodos de captura utilizados pelos estudos das referências apresentadas, uma vez que o arrasto de flanela foi eficiente para a captura de larvas, mas pouco eficiente para ninfas e inapta para adultos. Por outro lado, a armadilha de gelo seco foi mais eficiente que o arrasto de flanela para a captura de todos os estágios do ciclo de vida dos carrapatos. Outros aspectos relacionados aos levantamentos acarológicos e associados ao ciclo de vida das espécies podem ser considerados nessa discussão, como a sazonalidade e, em decorrência, os picos populacionais.

De acordo com os estudos de Toledo et al. (2008) e Guedes e Cerqueira Leite (2008), adultos de *Amblyomma sculptum* ocorreram preferencialmente entre a primavera e o verão (de outubro até março). Enquanto adultos de *Amblyomma dubitatum* ocorreram em maiores picos preferencialmente durante as estações do inverno e da primavera (mais precisamente de julho a outubro), ainda que tenha ocorrido também no verão e no outono (de agosto até abril). Sendo assim, o período de amostragem do presente estudo coincide justamente com o período de menores quantidades capturadas de *A. dubitatum* descritos na literatura, sendo isso a provável causa das menores quantidades de larvas e ninfas e da ínfima quantidade de adultos dessa espécie capturados nesse presente estudo.

A abundância de indivíduos encontrada por Toledo et al. (2008) e Guedes e Cerqueira Leite (2008) corresponde a várias vezes as quantidades capturadas no presente estudo. Entende-se que, além da questão de sazonalidade, descrita anteriormente, essas discrepâncias de valores são inerentes à forma de infestação de cada local estudado, e não propriamente ao método de captura utilizado, uma vez que estes foram os mesmos em todos os estudos

citados. Outra possível causa dos baixos valores encontrados nesse estudo pode ser a coincidência com o período de diapausa comportamental das larvas não alimentadas. Este fenômeno poderia controlar o comportamento de *Amblyomma sculptum* em realizar apenas uma geração por ano (Labruna et al., 2002). A diapausa é um estado de dormência, caracterizado principalmente pela supressão do metabolismo, ocasionando modificações no comportamento animal, desencadeadas por fatores ambientais que antecedem a chegada de condições adversas (Belozerov, 1982).

Os resultados dos levantamentos acarológicos obtidos no presente estudo, confrontados às definições propostas pela Resolução Conjunta SMA/SES 1 (São Paulo, 2016), mostram que o Horto Florestal de Avaré, segundo essa Resolução, é classificado como “Área Infestada por carrapatos do gênero *Amblyomma*”. Sendo assim, uma segunda classificação deve ser atribuída, e esta ocorre em função, dentre outros fatores, da presença de animais soropositivos para *Rickettsia rickettsii*. Um estudo sobre sorologia em capivaras presentes no Horto Florestal de Avaré, realizado em setembro de 2017 e coordenado pelo Professor Dr. Marcelo Bahia Labruna – FMVZ/USP, cujo relatório encontra-se encartado ao Processo SMA 5.407 / 2017 (NIS 2031520), v. 1, p. 61, mostrou sorologia negativa. Segundo o referido relatório as capivaras testadas “não foram expostas a carrapatos infectados por rickettsias do grupo de febre maculosa, indicando risco muito baixo de casos humanos por febre maculosa na área do Horto Florestal de Avaré, no momento das coletas das amostras de sangue”.

Portanto, considerando todos esses resultados, a classificação do Horto Florestal de Avaré seria “Área infestada por carrapatos do gênero *Amblyomma*: ALERTA”. Entretanto, de acordo com a citada resolução, a validade de classificação “Alerta”, no caso de parques ou locais públicos, é de 12 meses (a partir da data de coleta de sangue para a sorologia). E, “Caso não seja conduzida uma reavaliação (sorológica), a área automaticamente terá a classificação alterada para Área de Risco” (São Paulo, 2016), sendo essa a circunstância atual do Horto Florestal de Avaré, visto que a avaliação sorológica foi realizada em setembro de 2017. Segundo Labruna et al. (2007), larvas e ninfas de carrapatos também podem parasitar humanos. Sendo assim, a detecção da presença desses indivíduos é

importante para melhor prevenção e segurança dos visitantes e das pessoas que trabalham no Horto Florestal de Avaré.

4 CONCLUSÕES

As elevadas variabilidades nas abundâncias de carrapatos capturados entre os cinco pontos de amostragem para cada uma das três situações estudadas dificultaram a detecção de diferenças estatisticamente significativas entre períodos de amostragem para uma mesma metodologia, e entre metodologias, dentro de um mesmo período. Essas variabilidades foram comprovadas pelos altos coeficientes de variação, em todas as situações estudadas. Portanto, pode-se inferir que a distribuição de carrapatos não ocorre de maneira homogênea no local de estudo.

Quanto aos métodos de amostragem, a armadilha de gelo seco mostrou-se mais eficiente para a realização do levantamento acarológico realizado no Horto Florestal de Avaré, uma vez que a captura dos carrapatos, nas diversas fases de desenvolvimento, foi mais elevada com essa metodologia.

Considerando a gravidade clínica que a FMB representa para os humanos, e que o local estudado abriga uma população de um dos principais hospedeiros (*Hydrochoerus hydrochaeris*) do vetor (*Amblyomma* spp.) do agente causador (*Rickettsia rickettsii*) desta doença, conclui-se ser de fundamental importância realizações de levantamentos acarológicos constantes e frequentes. Estes procedimentos, juntamente com as avaliações de sorologia dos hospedeiros, formam um conjunto de ações essenciais para a classificação de áreas quanto à presença do agente causal da FMB no estado de São Paulo.

Numa visão sistêmica, com objetivo de diminuição dos riscos de proliferação da doença e da infecção humana, entende-se que se faz necessário medidas de profilaxia ambiental, como roçagem da vegetação e limpeza geral das áreas susceptíveis. Além disso, a implantação de programas de políticas públicas que visem o controle populacional de capivaras, atendendo aos aspectos éticos e legais, também pode auxiliar no combate à transmissão da Febre Maculosa Brasileira.

5 AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do Instituto Florestal José Carlos dos Santos e Adilson Aparecido Augusto, pelas valiosas contribuições para execução dos levantamentos acarológicos, e Edi Carvalho Pereira, pela revisão dos textos em inglês. Ao Instituto Florestal e ao Centro de Integração Empresa-Escola – CIEE, pela bolsa de estudos à primeira autora. À Faculdade EduVale de Avaré, onde a primeira autora apresentou seu Trabalho de Conclusão de Curso – TCC em Ciências Biológicas, estudo que motivou a redação deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELOZEROV, V.N. Diapause and biological rhythms in ticks. In: OBENCHAIN, F.O.; GALUN, R. (Ed.). **Physiology of ticks**. Oxford: Pergamon, v. 13, p. 469-500, 1982.
- BRASIL. Portaria de consolidação n. 4, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre os sistemas e os subsistemas do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, n. 190, 3 out. 2017. Seção 1 – Suplemento, p. 1-288.
- DIAS, V. Capivara é hospedeiro amplificador da bactéria causadora da febre maculosa. **Agência USP de Notícias**. Publicado em 4 de set de 2008. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=6114>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- DIAS, E.; MARTINS, A.V. Spotted fever in Brazil - A summary. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 19, p. 103-108, 1931.
- GUEDES, E.; CERQUEIRA LEITE, R. Dinâmica sazonal de estádios de vida livre de *Amblyomma cajennense* e *Amblyomma dubitatum* (ACARI: IXODIDAE) numa área endêmica para febre maculosa, na região de Coronel Pacheco, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n. 1, p. 78-82, 2008.
- GUIMARÃES, J.H. et al. **Ectoparasitos de importância veterinária**. São Paulo, SP: Plêiade, 2001. 213 p.

GURGEL, C.B.F.M. et al. Investigações das riquetsioses: contribuições de cientistas brasileiros. **Revista Brasileira de Clínica Médica**, v. 7, p. 256-260, 2009.

LABRUNA, M.B. et al. Seasonal dynamics of ticks (Acari: Ixodidae) on horses in the state of São Paulo, Brasil. **Veterinary Parasitology**, v.105, p. 65-77, 2002.

_____. et al. Human parasitism by the capybara tick *Amblyomma dubitatum* (Acari: Ixodidae). **Entomological News**, v. 118, n. 1, p. 77-80, 2007.

LEMOS, E.R.S. et al. Infestation by ticks and detection of antibodies to spotted fever group rickettsiae in wild animals captured in the State of São Paulo, Brazil. A preliminary report. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 91, n. 6, p. 701-702, 1996.

PEREZ, C.A. et al. Carrapatos do gênero *Amblyomma* (ACARI: IXODIDAE) e suas relações com os hospedeiros em área endêmica para febre maculosa no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n. 4, p. 210-217, 2008.

PINTER, A. et al. A Febre Maculosa Brasileira na Região Metropolitana de São Paulo. **BEPA**, v. 13, n.151, p. 3-47, 2016.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 out. 2018.

RIBEIRO, M.D. et al. Fatores ambientais envolvidos na epidemiologia da febre maculosa no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 9, n. 16, p. 103-114, 2013.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Superintendência de controle de endemias – SUCEN. **Manual de Vigilância Acarológica**. CAMARGO-NEVES, V.L.F. (Coord.). São Paulo: A Secretaria, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Resolução Conjunta SMA/SES n. 1, de 1 de julho de 2016. Dispõe sobre a aprovação das “Diretrizes técnicas para a vigilância e controle da Febre Maculosa Brasileira no Estado de São Paulo - classificação de áreas e medidas preconizadas”, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 126, n. 122, 2 jul. 2016. Seção I, p. 92-93.

_____. Secretaria de Estado da Saúde. Casos confirmados autóctones de FMB no ESP por município de LPI e ano de início dos sintomas. 2019a. Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-de-transmissao-por-vetores-e-zoonoses/dados/fmaculosa/fmb_cautoc_munlpi.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

_____. Secretaria de Estado da Saúde. Casos confirmados de FMB com ano de início dos sintomas em 2018 por município de LPI e evolução. 2019b. Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-de-transmissao-por-vetores-e-zoonoses/dados/fmaculosa/fmb18_munlpi_evolucao.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

_____. Secretaria de Estado de Infra Estrutura e Meio Ambiente. Instituto Florestal. Florestas Estaduais, Avaré I, 2019c. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protegidas/florestas-estaduais/avare/>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

SOUZA, L.S.S.A. et al. Dinâmica sazonal de carrapatos (Acari: Ixodidae) na mata ciliar de uma área endêmica para febre maculosa na região de Campinas, São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 887-891, 2006.

TOLEDO, R.S. et al. Dinâmica sazonal de carrapatos do gênero *Amblyomma* (ACARI: IXODIDAE) em um parque urbano da cidade de Londrina, PR. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n. 1, p. 50-54, 2008.

CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO EM LISÍMETRO NO PARQUE ESTADUAL SERRA DO MAR¹

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF SOIL UNDER DIFFERENT TYPES OF VEGETATION IN LISIMETER IN THE SERRA DO MAR STATE PARK

Luiza Zulian PINHEIRO^{2,4}; José Luiz de CARVALHO³; Maurício RANZINI³;
Caio Vinicius Ferreira MARMONTEL²; Valdemir Antonio RODRIGUES²

RESUMO - Os atributos físico-hídricos do solo apresentam informações importantes para melhor compreensão sobre o potencial de produção agroflorestal e as necessidades específicas das culturas. O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar os atributos físico-hídricos do solo com diferentes tipos de vegetação em lisímetros. O estudo foi realizado na vegetação de gramínea, pínus, eucalipto e Mata Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, São Paulo, Brasil. Amostras foram coletadas em anéis volumétricos em três camadas do solo nos meses de março, junho, setembro e dezembro. Foram analisados a densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade do solo, armazenamento de água no solo e armazenamento acumulado de água no perfil do solo. Foi observada uma maior capacidade de armazenamento de água no solo para os meses com as menores precipitações na mata, considerando que esta vegetação apresentou melhores condições para manter a água no sistema solo-planta-atmosfera por mais tempo no ambiente. O pínus apresentou os menores valores de umidade volumétrica para os meses avaliados. Houve diferenças significativas pelo teste Tukey ao nível de significância 5% para os atributos físico-hídricos do solo entre os diferentes tipos de vegetação nos meses avaliados.

Palavras-chave: água no solo; atributos do solo; lisímetros; mata atlântica.

ABSTRACT - The physical-water attributes of the soil present important information for a better understanding of the agroforestry potential and the specific needs of the crops. The objective of this study was to evaluate and compare the physical-water attributes of the soil with different types of vegetation in lysimeters. The study was carried out in the vegetation of grass, pine, eucalyptus and atlantic forest, in the Serra do Mar State Park - Núcleo Cunha, São Paulo, Brazil. Samples were collected in volumetric rings in three layers of soil in the months of March, June, September and December. Soil density, particle density, total porosity, soil moisture, soil water storage and accumulated water storage in the soil profile were analyzed. A higher water storage capacity was observed in the soil for the months with the lowest rainfall in the forest, considering that this vegetation presented better conditions to maintain water in the soil-plant-atmosphere system for longer in the environment. Pine presented the lowest values of volumetric moisture for the months evaluated. There were significant differences by the Tukey test at the 5% significance level for soil physical-water attributes among the different types of vegetation in the evaluated months.

Keywords: soil water, soil attributes; lysimeters; atlantic forest.

¹ Recebido para análise em 15.08.2018. Aceito para publicação em 30.06.2019.

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

³ Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Luiza Zulian Pinheiro - luizazpinheiro@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Os atributos físico-hídricos do solo tais como: densidade, umidade, armazenamento de água no solo e porosidade apresentam informações importantes para melhor compreensão sobre o potencial de produção agroflorestal e as necessidades específicas das culturas. Estes são atributos de fácil obtenção de dados e baixo custo (Marchão et al., 2007), além de serem convenientes para se obter informações sobre as alterações da qualidade do solo (Reichert et al., 2007).

A partir da formação de uma base de dados dos atributos do solo e das espécies cultivadas, podem ser elaboradas técnicas de aprimoramento de maneira sustentável, assim como, melhorias na conservação do solo e na utilização da água para irrigação. As avaliações desses atributos de espécies distintas são relevantes para obtenção de dados que nos permitam manejar o ambiente de forma sustentável, com o intuito de aumentar a produtividade e manter suas condições favoráveis para a conservação da dinâmica da floresta.

Deve-se considerar o papel da vegetação na influência dos atributos físico-hídricos, que reflete na dinâmica da água no solo (Menezes et al., 2009). A vegetação afeta a disponibilidade de água, interceptando parte da água da chuva; além disso, a presença da serapilheira diminui o escoamento superficial, aumentando a infiltração de água no solo e reduzindo os processos erosivos (Kauano e Passos, 2008).

O solo representa importante fase do ciclo da água, atuando como reservatório que disponibiliza água às plantas e abastece os cursos d'água, onde o armazenamento e a movimentação ocorrem de acordo com as diferentes características (Bortolini, 2016). Havendo perturbações nesse ciclo, poderá ocorrer falta parcial ou total de água nos locais mais acessíveis ao homem, levando à escassez hídrica (Bertol et al., 2016). Por meio da análise de dados de armazenamento de água no solo é possível inferir e contextualizar sobre a capacidade sob as diferentes formações vegetais em manter a água presente no ambiente e percolar para os lençóis freáticos (Machado e Stipp, 2003).

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar de forma descritiva os atributos físico-hídricos do solo com diferentes tipos de vegetação sob as mesmas condições climáticas no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Cunha, nas quatro estações do ano, para averiguar o potencial de produção agroflorestal e suas necessidades específicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os lisímetros estão localizados no Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich – LHFWE, situado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha (PESM-NC), município de Cunha, São Paulo. O Laboratório é administrado pelo Instituto Florestal, órgão da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente. As coordenadas geográficas são: 23°14' de latitude sul e 45°01' de longitude oeste de Greenwich, em uma altitude de 1.070 metros (Figura 1).

A vegetação nativa local faz parte do bioma Mata Atlântica e está classificada como Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (IBGE, 2012). Apresenta formação florestal secundária, em razão de a área ter sido utilizada anteriormente à criação do PESP para extração madeireira e agricultura de subsistência. Na década de 50, em alguns locais, também ocorreu a substituição da mata por pastagem.

A classificação climática do Núcleo Cunha, seguindo a proposta de Köppen, é definida como tipo Cwb, ou seja, mesotérmico e tropical de altitude. A umidade relativa média mensal do ar está entre 80% a 85% para a estação chuvosa e inferior a 80% para o restante do ano (Arcova, 1996).

A precipitação anual de 2016 foi de 1.625 mm, com maior precipitação no mês de janeiro (277 mm) e menor no mês de julho (2,2 mm). A temperatura média mínima foi observada no mês de junho (5,8°C) e a máxima em fevereiro (27,8°C) (Figura 2).

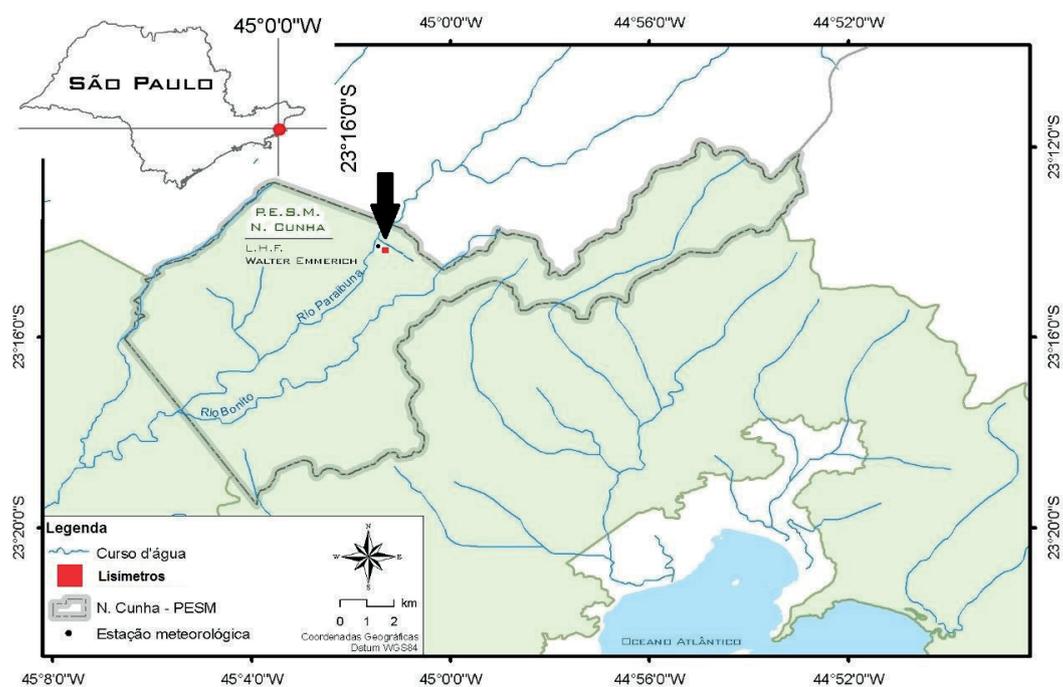


Figura 1. Localização dos lisímetros no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha.

Figure 1. Localization of the lysimeters in the Serra Mar State Park - Center Cunha.

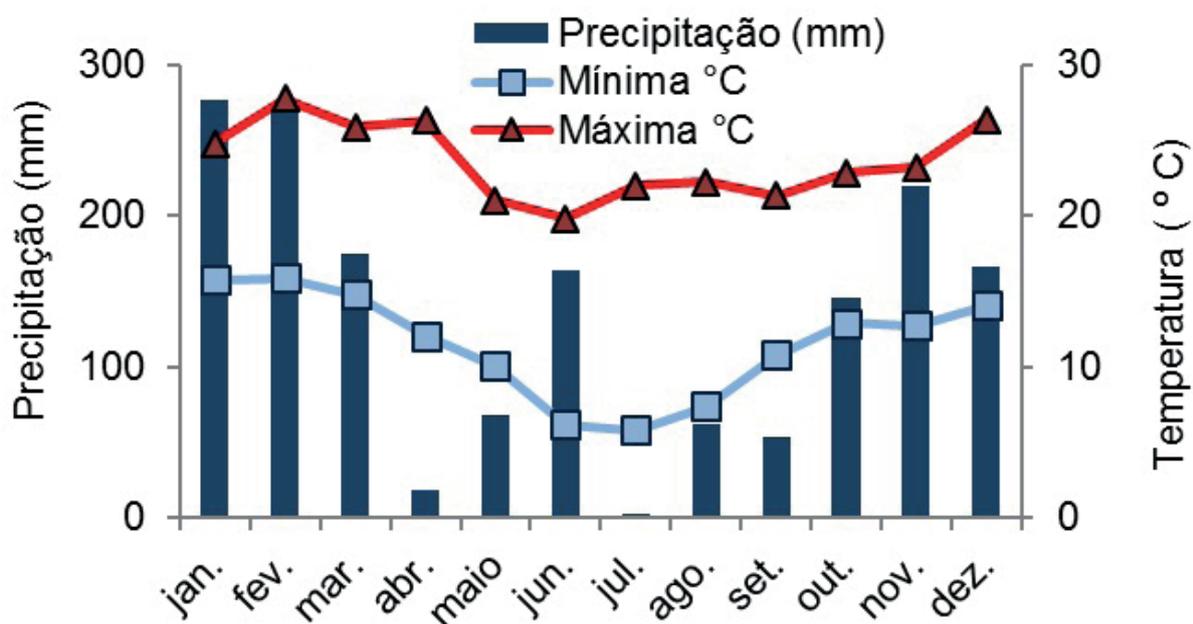


Figura 2. Valores médios mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima em 2016 no LHFWE/PESH-NC.

Figure 2. Average monthly values of precipitation, maximum and minimum temperature in 2016 in LHFWE/PESH-NC.

Os quatro tipos de cobertura vegetal estão aplicados para o mesmo tipo de solo, ou seja, encontram predominância de uma mesma classe, sendo sete tipos e duas associações de Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por Carvalho et al. (1990).

2.2 Caracterização dos lisímetros

Os lisímetros estudados são planos e apresentam área superficial de 100 m² (10 m x 10 m) e profundidade de 2 m, com lados e fundo de

concreto, 20 cm de cascalho, 10 cm de areia grossa e 150 cm de terra vermelha-amarela de subsolo, restando um espaço de 20 cm entre a superfície e o topo. O fundo apresenta uma leve inclinação que direciona a água percolada para uma única saída, que consiste em um tubo de 10 cm de diâmetro.

O tipo de vegetação implantada foi diferente para cada lisímetro, sendo: *Paspalum notatum* Flügge (gramínea), *Pinus elliotti* Englemann (pínus) e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (eucalipto) (Figura 3).

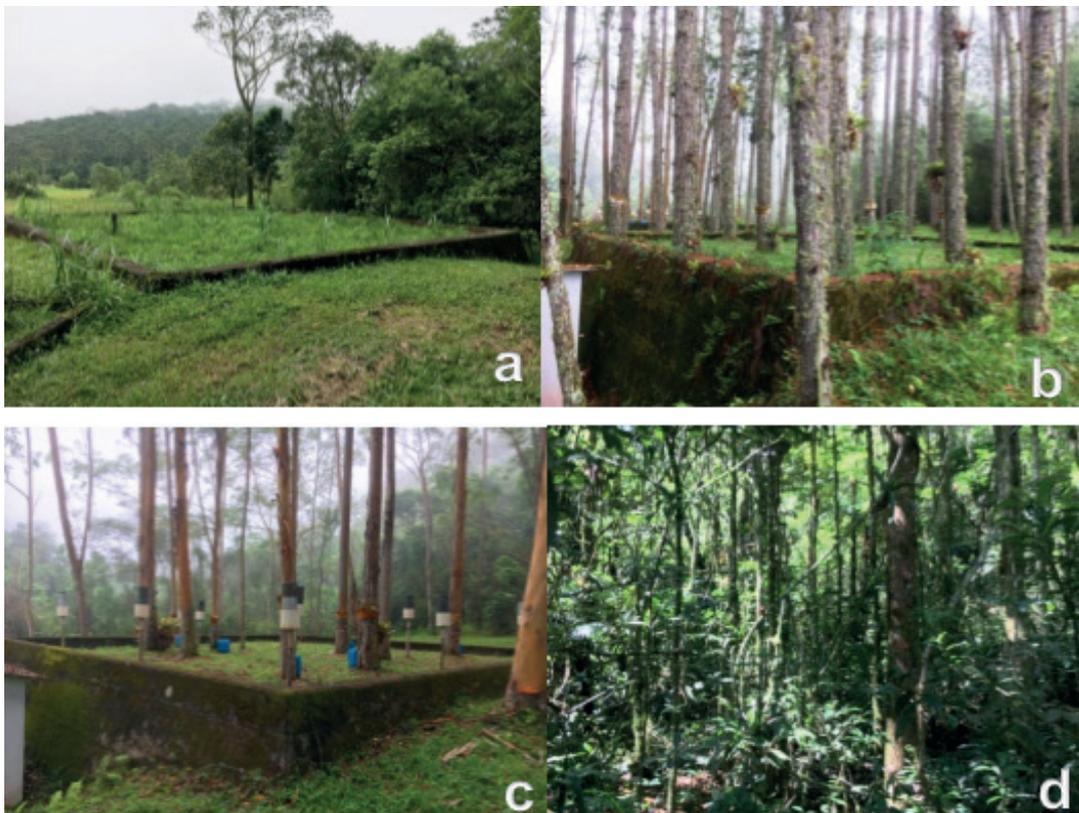


Figura 3. Lisímetros: a) gramínea; b) pínus; c) eucalipto; d) mata.

Figure 3. Lysimeters: a) grass; b) pínus; c) eucalyptus; d) forest.

Uma síntese de caracterização das coberturas vegetais sobre os lísímetros pode ser descrita como segue: I) gramínea - recebe roçada mecânica periódica, conforme a necessidade; II) pínus – presença de 17 indivíduos com uma altura

média de 22,5 m e DAP médio de 28,2 cm III) eucalipto – presença de 12 indivíduos com uma altura média de 29 m e DAP médio de 26,7 cm e IV) mata - presença de 16 indivíduos arbóreos, com uma altura média de 11,7 m e DAP médio de 15,6 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Indivíduos arbóreos ocorrentes na área da mata.

Table 1. Arboreal individuals occurring in the area of forest.

Família	Nome Científico	Nome popular	DAP (cm)	Altura (m)
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Decne. & Planch	Maria Mole	16	10
Cyatheaceae	<i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi. <i>Alchornea</i>	Samambaia-açu	9	1,8
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	Xaxim	15	2,1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	15	8
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	16	8
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Leiteiro	32	25
Lauraceae	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	Canela-amarela	17	15
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjarana	12	16
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro rosa	28	18
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	15	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	14	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	15	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	12	14
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	18	17
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	Gabiroba	7	8
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Espeteiro	9	8

2.3 Coleta, preparo das amostras e análise dos dados

As amostras indeformadas de solo foram coletadas utilizando anéis volumétricos de 100 cm³, no sentido vertical em trincheiras: 0,0 – 0,05 m (camada 1); 0,30 – 0,35 m (camada 2) e 0,50 – 0,55 m (camada 3). Para cada camada foram realizadas três coletas por mês, para cada tipo de vegetação, totalizando 36 amostras mensais. As amostras foram coletadas durante o ano de 2016 distribuídas nos meses finais das estações, ou seja, março (verão), junho (outono), setembro (inverno) e dezembro (primavera). Após cada coleta mensal os anéis foram vedados para que não ocorresse perda de água por evaporação.

Cada variável (atributo físico-hídrico) do solo, para cada mês e camada, foi submetida à análise de variância para conhecer se ela foi diferente entre os tipos de vegetação (tratamento). Em caso positivo a variável foi submetida ao teste Tukey (5%) para comparação das médias dos tratamentos.

2.4 Caracterização físico-hídrica do solo

Visando o conhecimento dos parâmetros físico-hídricos dos solos amostrados nos quatro ambientes de estudo, foram determinadas a granulometria, a densidade do solo, a densidade de partículas, umidades gravimétrica e volumétrica, o armazenamento de água no solo e o armazenamento de água acumulado no perfil do solo, utilizando a metodologia conforme EMBRAPA (1997).

As determinações destes parâmetros foram realizadas no Departamento de Ciência Florestal - DCF da Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA UNESP, Campus de Botucatu, onde foi realizada a secagem em estufa a 105°C até ser atingido um valor constante da massa. O cálculo dos parâmetros avaliados foi realizado através de equações descritas a seguir.

a) Granulometria

Para a determinação da granulometria foram utilizadas peneiras vibratórias, sendo determinadas as seguintes classes de diâmetro de partículas: areia grossa com diâmetro de 2,0 – 0,2 mm, areia fina com 0,2 – 0,053 mm, silte com 0,053-0,002 mm e argila < 0,002 mm.

b) Densidade do solo (Ds)

A densidade do solo (Equação 1) foi determinada a partir da razão entre a massa do solo seco em estufa 105°C (Ms) e o volume de solo presente no anel cilíndrico (Vt):

$$Ds = ms/vt \quad (\text{Equação 1})$$

em que: Ds = densidade do solo, em g cm⁻³; ms = massa do solo seco em estufa a 105°C, em g; vt = volume total do solo, em cm³.

c) Densidade de partículas (Mp)

A densidade de partículas (Equação 2) do solo foi obtida utilizando o método do picnômetro (Kiehl, 1979), através da relação entre a massa de solo seco (Ms) e o volume de partículas minerais e orgânicas.

$$Mp = (B-A)/((D-A)-(C-B)) \quad (\text{Equação 2})$$

em que: A = massa picnômetro seco, em g; B = massa picnômetro + massa solo seco, em g; C = massa picnômetro + massa solo seco + massa água destilada, em g; D = massa picnômetro + massa água destilada, em g.

d) Porosidade total do solo (Pt)

A porosidade total do solo (Equação 3) foi calculada utilizando valores de densidade do solo (Ds) e densidade de partículas (Dp) através da equação descrita por Klar (1984).

$$Pt = (1-Ds/Dp) 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que: Pt = porosidade do solo, em cm.cm⁻³; Ds = densidade do solo, em g cm⁻³; Dp = densidade das partículas, em g cm⁻³.

e) Umidade gravimétrica (U)

A umidade gravimétrica do solo (Equação 4) foi determinada utilizando a massa de solo úmido (mu) e a massa de solo seco (ms) em estufa 105 °C até a massa constante.

$$U = (mu - ms)/ms \quad (\text{Equação 4})$$

em que: U = umidade do solo, em g; mu = massa do solo úmido, em g; ms = massa do solo seco em estufa, em g.

f) Umidade volumétrica (Θ)

A umidade volumétrica (Equação 5) do solo foi obtida através da multiplicação da densidade do solo (D_s) pela umidade gravimétrica (U).

$$\Theta = D_s U \quad (\text{Equação 5})$$

em que: Θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água. cm^{-3} de solo; D_s = densidade do solo, em g cm^{-3} ; U = umidade gravimétrica (g.g^{-1}).

g) Armazenamento de água no solo (hL)

A quantificação da lâmina de água armazenada no solo (Equação 6) foi calculada para as camadas 1, 2 e 3, pela equação descrita por Kiehl (1979), utilizando altura (h) de 5 cm, referente ao cilindro volumétrico da coleta de solo.

$$hL = (\Theta h) 10 \quad (\text{Equação 6})$$

em que: hL = lâmina de água armazenada no solo, em mm; θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água/ cm^3 solo; h = altura do perfil solo, em cm.

h) Armazenamento de água acumulada no perfil do solo (hLA)

$$hLA = \sum \Theta h 10 \quad (\text{Equação 7})$$

em que: hLA = lâmina de água armazenada acumulada no perfil do solo, em mm; θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água. cm^3 solo; h = altura do perfil solo, em cm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise granulométrica

As frações granulométricas do solo foram consideradas na classe de textura média conforme EMBRAPA (1997) para os solos das vegetações estudadas (Tabela 2). Solos com textura média apresentam semelhança entre os teores de argila, silte e argila, geralmente apresentando boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade (Klein, 2008).

Tabela 2. Distribuição granulométrica, areia grossa e fina, argila, silte e textura do solo.

Table 2. Distribution granulometric, fine and coarse sand, clay, silt and soil texture.

Granulometria (g kg^{-1})						
Vegetação	Camada 1: 0 - 0,05 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	335	336	671	206	123	Média
pínus	369	308	677	204	119	Média
eucalipto	488	259	747	154	99	Média
mata	380	181	561	272	167	Média
Vegetação	Camada 2: 0,3 - 0,35 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	359	209	567	278	155	Média
pínus	440	187	627	267	106	Média
eucalipto	297	350	648	233	119	Média
mata	338	208	546	319	135	Média
Vegetação	Camada 3: 0,5 - 0,55 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	387	196	584	274	142	Média
pínus	459	163	622	283	95	Média
eucalipto	407	191	597	293	110	Média
mata	375	197	572	289	139	Média

3.2 Densidade de partículas

Para a densidade de partículas (Dp) foram analisadas as médias para cada tipo de vegetação,

não considerando as diferentes profundidades e diferentes períodos, devido a pouca variação que este atributo apresenta para o mesmo tipo de solo (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade de partículas para os diferentes tipos de vegetação.

Table 3. Density of particles for different types of vegetation.

Vegetação	Dp (g cm ⁻³)
gramínea	2,29
pínus	2,25
eucalipto	2,21
mata	2,08

Kiehl (1979) atribuiu 2,43-2,52 g cm⁻³ para o horizonte A e 2,52 g cm⁻³ para o Horizonte B para a densidade de partículas do solo. Em uma comparação de solos cobertos por vegetação nativa de Mata Atlântica com solos cobertos por araucária e pastagem, na região de Itajubá-MG com clima Cwb, Melloni et al. (2008) encontraram menores valores de densidade de partículas para a vegetação mata. De forma semelhante, no presente estudo foi observado que a floresta nativa apresenta o menor valor (2,08 g cm⁻³).

Em dezembro, pínus apresentou o menor valor e foi inferior às demais vegetações (p=0,0045) (Tabela 4).

Melloni et al. (2008) em uma comparação entre mata, araucária, pasto implantado (*Brachiaria decumbens*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) verificaram que para a densidade do solo na camada superficial estudada (0-0,2 m) os valores não apresentaram diferença entre o eucalipto e a mata, enquanto a pastagem e a araucária apresentaram diferença para o eucalipto e a mata.

3.3 Densidade do solo

A camada 1 do solo com cobertura de mata atlântica apresentou os menores valores de densidade do solo nos quatro períodos estudados (p=0,0093; p=0,0002; p=0,0046; p=0,0005). A camada 2 no mês de março teve o pínus e eucalipto inferior aos demais (p=0,001). Em junho a mata não se diferiu do eucalipto, que por sua vez não diferenciou de gramínea e de pínus (p=0,0113). Em setembro, o pínus e o eucalipto apresentaram os menores valores não apresentando diferença entre si, enquanto eucalipto, gramínea e mata não apresentaram diferenças entre si (p=0,0198). Em dezembro, o pínus e a mata não apresentaram diferenças entre si, mas diferenciaram da gramínea (p=0,0006).

3.4 Umidade volumétrica

Na camada 1, o pínus apresentou valores de umidade volumétrica do solo inferiores durante os quatro períodos e se diferiu dos demais (p=0,0001; p=0,0001; p=0,0001; p=0,0001). No mês de junho, a mata teve o maior valor e se diferiu dos demais. Em setembro e dezembro, a gramínea teve os maiores valores e se diferiu dos demais.

Na camada 3, em março não houve diferenças entre as coberturas vegetais (p=0,2601). No mês de junho, pínus e a gramínea não apresentaram diferença entre si, mas diferiram de eucalipto, que diferiu da mata (p=0,0001). Em setembro, o eucalipto e o pínus não apresentaram diferença entre si, mas eucalipto diferiu de gramínea e mata (p=0,0163).

Na camada 2, o pínus apresentou valores inferiores durante os quatro períodos e se diferiu dos demais (p=0,0001). No mês de junho, a mata teve o maior valor e se diferiu dos demais (p=0,0001). Em setembro a gramínea teve os maiores valores e se diferiu dos demais (p=0,0001). Em dezembro a mata e a gramínea tiveram os maiores valores e não se diferiram entre elas (p=0,0001).

Na camada 3, em março o pínus apresentou o valor inferior e se diferiu da mata, mas não apresentou diferença com o eucalipto e a gramínea (p=0,006). No mês de junho, a mata e a gramínea tiveram os maiores valores e se diferiram dos demais (p=0,0001). Em setembro e dezembro a gramínea teve o maior valor e se diferiu dos demais (p=0,0001; p=0,0001) (Tabela 5).

Tabela 4. Densidade do solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 4. Density of the soil in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Densidade do solo (g cm ⁻³)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	1,02 a	1,01 a	0,98 a	0,79 b
		junho	1,03 a	1,09 a	1,07 a	0,84 b
		setembro	1,07 a	1,08 a	0,99 a	0,81 b
		dezembro	1,01 a	1,05 a	0,98 a	0,87 b
2	0,3 - 0,35	março	1,30 a	1,07 b	1,16 b	1,27 a
		junho	1,15 b	1,17 b	1,25 ab	1,35 a
		setembro	1,19 a	1,08 b	1,15 ab	1,17 a
		dezembro	1,26 a	1,13 c	1,20 ab	1,18 bc
3	0,5 - 0,55	março	1,30 a	1,16 a	1,25 a	1,20 a
		junho	1,17 c	1,17 c	1,31 b	1,44 a
		setembro	1,19 a	1,14 ab	1,08 b	1,21 a
		dezembro	1,27 a	1,08 b	1,25 a	1,21 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Tabela 5. Umidade volumétrica em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 5. Volumetric humidity in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Umidade volumétrica (cm ³ de água cm ⁻³ de solo)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	0,46 a	0,34 b	0,41 a	0,46 a
		junho	0,38 b	0,27 c	0,36 b	0,42 a
		setembro	0,43 a	0,20 c	0,33 b	0,32 b
		dezembro	0,49 a	0,31 d	0,38 c	0,46 b
2	0,3 - 0,35	março	0,45 b	0,26 c	0,34 b	0,455 a
		junho	0,34 b	0,27 c	0,34 b	0,41 a
		setembro	0,40 a	0,21 d	0,26 c	0,36 b
		dezembro	0,43 a	0,28 c	0,36 b	0,45 a
3	0,5 - 0,55	março	0,37 ab	0,27 b	0,35 ab	0,45 a
		junho	0,39 a	0,27 b	0,30 b	0,41 a
		setembro	0,36 a	0,15 d	0,22 c	0,33 b
		dezembro	0,46 a	0,26 d	0,36 c	0,42 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Ordóñez (2014) na cidade de São Manuel-SP com clima Cfa e solo Neossolo Quazarênico observou que na vegetação florestal natural o solo apresentou maior média anual de umidade, seguido da pastagem e pínus. De acordo com Tucci (2007), a disponibilidade de umidade do solo é mais acentuada em solo florestal porque as árvores retiram a umidade em profundidades superiores.

No estudo de Ikari et al. (2014) realizado nos mesmos lisímetros, foram obtidos dados que consideram o percentual médio da interceptação (em relação a precipitação em céu aberto) no lisímetro com eucalipto sendo 4,9%, enquanto para o pínus é de 18,6%. Estes dados complementam com o que é observado no presente estudo, sendo

a menor umidade observada na superfície para o lisímetro com pínus, pois maior parte da precipitação é interceptada pela copa das árvores quando comparado à mata e eucalipto, não chegando até o solo da mesma forma, devido as diferentes estruturas foliares que apresentam. É citado na literatura que, quando se trata de interceptação, é importante considerar as disparidades apresentadas por cada tipo de cobertura vegetal ou florestal, devido às diferenças na área foliar e também na estrutura da casca, sendo estes fatores-chave para elaborar uma discussão sobre a quantidade de água que chega ao solo efetivamente (Freitas et al., 2013). É também relevante citar que estes fatores são muito específicos para cada localidade tanto para os diferentes tipos de vegetação, quanto para as condições climáticas nas quais a floresta natural ou plantada está inserida (Leopoldo e Conte, 1985; Lima, 1993; Arcova et al., 2003). Nesta comparação, não é cabível considerar a gramínea, pois esta não apresenta estrutura florestal de interceptação pela copa das árvores, onde todo aporte de água oriunda da precipitação chega diretamente ao solo.

3.5 Porosidade total do solo

A camada 1 no mês de março, o pínus apresentou o valor inferior, porém não houve diferenças entre as vegetações ($p=0,0001$). Em junho, a mata apresentou o valor superior e houve diferença entre as

demais ($p=0,0001$). O maior valor de porosidade em setembro foi para a mata, porém não apresentaram diferença do eucalipto e gramínea ($p=0,0001$). Em dezembro a mata teve o valor superior, mas não se diferiu do eucalipto e da gramínea ($p=0,0001$).

Na camada 2, no mês de março a mata teve o valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$). Em junho a mata teve seu valor inferior e se diferiu das demais ($p=0,0001$). Em setembro a mata teve novamente seu valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$). Em dezembro a mata teve novamente seu valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$).

Para a camada 3 no mês de março, a gramínea apresentou o valor inferior, porém não houve diferenças entre as vegetações ($p=0,006$). Em junho e setembro a mata teve seu valor inferior e se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$). Em dezembro o pínus teve o valor superior se diferenciando dos demais ($p=0,0001$).

Houve uma inversão no padrão encontrado para a superfície quando comparado à camada 2 e 3, entre as diferentes vegetações. A mata apresentou maior porosidade total (Pt) na camada superficial e para as camadas mais profundas obteve-se os menores valores (Tabela 6).

Tabela 6. Porosidade total em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 6. Total porosity in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Porosidade total do solo (cm.cm ⁻³)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	54,5 a	54,5 a	56,9 a	62,1 a
		junho	54,3 b	50,9 b	53,4 b	59,9 a
		setembro	52,7 ab	51,4 b	56,7 ab	60,9 a
		dezembro	54,9 ab	52,7 b	57,1 a	58,2 a
2	0,3 – 0,35	março	42,3 b	51,9 a	49,3 a	39,1 b
		junho	49,1 a	47,2 a	45,4 a	35,2 b
		setembro	46,9 bc	51,3 a	49,8 ab	43,6 c
		dezembro	43,9 b	49,1 a	47,3 a	43,4 b
3	0,5 – 0,55	março	42,5 a	47,7 a	45,4 a	42,5 a
		junho	48,2 a	47,1 ab	42,7 b	30,9 c
		setembro	47,4 b	48,5 ab	52,7 a	42,1 c
		dezembro	43,5 b	51,2 a	45,4 b	41,9 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Na camada 3 em junho nota-se uma exceção, pois a mata apresentou o menor valor encontrado de Porosidade total (Pt), assim como no item anterior pode-se notar maior Ds, visto que estes são atributos dependentes entre si. Atribui-se esta exceção a uma amostra com maior quantidade de material rochoso presente, visto que este valor realmente apresenta grande disparidade para com os demais.

Em um estudo realizado por Ramos et al. (2013) analisando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distroférico na profundidade de 0-0,1m foram encontrados valores de porosidade total em uma comparação entre solo com pastagem com 57% e para a mata nativa (Floresta Atlântica) 59%. Estes valores corroboram com o presente estudo, onde a área com Floresta Atlântica também apresentou maior porosidade na superfície e para os valores médios entre as camadas.

Solos com cobertura florestal possuem maior taxa de infiltração de água da chuva em comparação com campos, pastagens e solos agrícolas, devido à sua melhor estrutura e porosidade (Oliveira Junior, 2006). Esta maior porosidade pode ser explicada pela maior deposição de material orgânico (serapilheira) principalmente na superfície, que atrai a fauna e microbiota do solo, resultando também numa melhor penetração das raízes no solo (Romanovisk, 2001).

3.6 Armazenamento de água no solo

Para a camada 1, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações. A mata apresentou valores superiores em junho e dezembro ($p=0,0001$; $p=0,0001$) se diferenciando das demais e em março e setembro a gramínea se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$).

Na camada 2, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações. A mata apresentou valores superiores em março, junho e dezembro e se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$), com exceção de dezembro quando não houve diferença com a gramínea. No mês de setembro a gramínea apresentou valores superiores e se diferiu das demais vegetações ($p=0,0001$).

Na camada 3, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações no mês de setembro e dezembro ($p=0,0001$; $p=0,0001$), enquanto que em março ($p=0,006$) não se diferiu do eucalipto e da gramínea e em junho novamente do eucalipto. A mata apresentou valores superiores em março, mas não houve diferença com a gramínea e o eucalipto e também apresentou valores superiores em junho, mas não houve diferença com a gramínea ($p=0,0001$). A gramínea apresentou valores superiores em setembro e dezembro, se diferenciando das demais (Tabela 7).

Tabela 7. Armazenamento da água no solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 7. Storage of water in the soil in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Armazenamento de água no solo (mm)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	22,9 a	16,8 b	20,6 a	22,8 a
		junho	18,9 b	13,5 c	18,2 b	21,1 a
		setembro	21,7 a	10,1 c	16,5 b	15,9 b
		dezembro	24,3 a	15,5 d	18,9 c	22,8 b
2	0,3 – 0,35	março	22,4 b	12,9 c	16,9 b	22,8 a
		junho	17 b	13,4 c	16,9 b	20,7 a
		setembro	19,9 a	10,4 d	13,1 c	17,8 b
		dezembro	21,7 a	14,2 c	18,1 b	22,4 a
3	0,5 – 0,55	março	18,6 ab	13,6 b	17,3 ab	22,4 a
		junho	19,3 a	13,7 b	14,9 b	20,5 a
		setembro	18,3 a	7,5 d	11,2 c	16,5 b
		dezembro	23,3 a	12,8 d	18 c	21,2 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Em um estudo realizado por Ordóñez (2014) em um Neossolo Quartzarênico em São Manuel-SP, observou-se na camada mais profunda os maiores valores de armazenamento de água no solo (média anual) para a área com floresta com 209 mm, seguido da cobertura com gramínea utilizada para pastagem (*Brachiaria decumbens*) com 176,1 mm e para o plantio de pinus com 105,6 mm. Ainda que o tipo de solo estudado seja diferente, o mesmo padrão foi observado onde a área de solo com floresta foi capaz de armazenar mais água, quando comparado à área com gramínea e pinus, sendo este o que também apresentou o menor armazenamento de água no solo. Também foi observado que nos meses mais secos

(junho, julho e agosto) a área com floresta também apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparada às demais vegetações.

3.7 Armazenamento acumulado de água no perfil do solo

A vegetação com mata apresentou os maiores valores de armazenamento acumulado de água no solo em todos os períodos, no entanto não se diferiu da gramínea em março e dezembro. O pinus apresentou os valores inferiores para os quatro períodos ($p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$) (Tabela 8).

Tabela 8. Armazenamento da água acumulada no perfil do solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 8. Storage of accumulated water in the soil profile in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Armazenamento de água acumulada no perfil do solo (mm)			
			gramínea	pinus	eucalipto	mata
3	0,5 – 0,55	março	213,1 a	144,3 c	182,8 b	226,6 a
		junho	184,3 b	135,3 d	166,5 c	207,8 a
		setembro	167,2 b	93,4 d	136,2 c	199,4 a
		dezembro	221,4 a	141,8 c	183,5 b	230,8 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Comparando-se as médias de armazenamento de água entre os solos analisados, aquele com cobertura de mata apresentou as maiores médias para os meses de junho e setembro. Neste período, de junho a setembro, ocorrem as menores taxas de precipitação durante o ano, e a mata pode ter contribuído para reter uma maior quantidade de umidade do solo do que os outros tipos de vegetação.

Em estudo comparativo de Ordóñez (2014) com coberturas de pinus, mata, pinhão-manso e gramínea, foi observado que na camada mais profunda (até 100 cm) em um Neossolo Quartzarênico os maiores valores de armazenamento de água no solo foram para a cobertura de floresta com 209,0 mm, seguido da cobertura com gramínea utilizada para pastagem (*Brachiaria decumbens*) com 176,1 mm e para o plantio de pinus com 105,6 mm.

Ainda que o tipo de solo estudado seja diferente, o mesmo padrão foi observado onde a área de solo com floresta foi capaz de armazenar mais água, quando comparado à área com gramínea e pinus. O pinus também apresentou o menor

armazenamento de água no solo e, nos meses mais secos, a área com floresta apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparada às demais vegetações.

4 CONCLUSÕES

As análises granulométricas mostraram que os solos, em todas as vegetações estudadas, possuem classe de textura média.

A floresta nativa apresentou a menor densidade de partículas.

A camada superficial (0 – 0,05) com cobertura de mata atlântica apresentou os menores valores de densidade do solo. Já as camadas 0,3 – 0,35 e 0,5 – 0,55 apresentaram alternância entre os tipos de vegetação, conforme o período do ano.

O pinus apresentou as menores umidades volumétricas do solo para as camadas 0 – 0,05 e 0,3 – 0,35 em todos os períodos estudados. O mesmo ocorreu para a camada 0,5 – 0,55, porém significativamente para os meses de setembro e dezembro.

A porosidade total do solo foi maior na camada superficial (0 – 0,05) para todos os tipos de vegetação. Houve uma inversão no padrão encontrado para a superfície quando comparado às camadas mais profundas, sendo que a mata nativa apresentou os maiores valores de porosidade total na camada superficial e os menores para as camadas mais profundas (0,3 – 0,35 e 0,5 – 0,55).

O pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água no solo para as camadas 0 – 0,05 e 0,3 – 0,35. O mesmo ocorreu para a camada 0,5 – 0,55, porém significativamente para os meses de setembro e dezembro.

A vegetação com mata nativa apresentou os maiores valores de armazenamento acumulado de água no solo em todos os períodos. Já o pínus apresentou os menores valores para todos os períodos.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo à primeira autora para a realização da pesquisa. Ao Instituto Florestal, pelo suporte e oportunidade de realizar o projeto no LHFWE no PESH-NC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F.C.S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP**. 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-SP. **Árvore**, v. 27, n.2, p. 257-262, 2003.

BERTOL, I. et al. **Manejo e conservação do solo e da água**. Curitiba: CREA-PR, 2016. 53 p.

BORTOLINI, D. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

CARVALHO, W.A. et al. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP (Bacia “D”). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 127-155, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FREITAS, J.P.O. et al. Distribuição da água de chuva em Mata Atlântica. **Ambiente e Água**, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

IKARI, C. A. T. et al. Repartição da água da chuva em plantios de Eucalyptus e de Pinus em lisímetros planos no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha, SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 8, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 2014, 1 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

KAUANO, E.E.; PASSOS, E. Análise do uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio da Gama, Tijucas do Sul – PR. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 181-190, abr./jun. 2008.

KIEHL, E.S. **Manual de edafologia: Relações solo – planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KLAR, S.R. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. p. 347-385.

KLEIN, V.A. **Física do Solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

LEOPOLDO, P.R.; CONTE, M.L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerradão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 1985. v. 3. p. 212-220.

LIMA, W. P. Hidrologia de plantações de eucaliptos. In: LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. p. 51-137.

MACHADO, W.; STIPP, N.A.F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados-PR. **Geografia**, v. 12, n. 2, p. 45-73, 2003.

MARCHÃO, R.L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun. 2007.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, nov./dez. 2008.

MENEZES, M.D. et al. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, Serra da Mantiqueira, MG. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 82, p. 175-184, jun. 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, J.C. **Precipitação efetiva em Floresta Estacional Semidecidual na reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

ORDÓÑEZ, L.A.Y. **Morfometria, umidade do solo e risco de erosão laminar da microbacia do córrego Pimenta da Fazenda São Manuel**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

RAMOS, B.Z. et al. Avaliação dos atributos físico-hídricos em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo-Lavras/Minas Gerais/Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 440-446, jul. 2013.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos mitigação. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 5, p.49-134. 2007.

ROMANOVISK, Z. **Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo**. 2001. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

TUCCI, C. **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. Rio Grande: UFRGS. 2 ed. 2007. 43p.

AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM *Pinus elliottii* E *Eucalyptus urophylla* COM LISÍMETROS DE DRENAGEM PLANOS NA SERRA DO MAR, CUNHA-SP¹

EVALUATION OF EVAPOTRANSPIRATION IN *Pinus elliottii* AND *Eucalyptus urophylla* WITH FLAT DRAINAGE LYSIMETERS IN THE SERRA DO MAR, CUNHA-SP

Maurício RANZINI^{2,3}; Francisco Carlos Soriano ARCOVA²; Valdir de CICCIO²; Roberto STARZYNSKI²

RESUMO – A evapotranspiração de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. e de *Eucalyptus urophylla* S.T. Black foi estudada em lisímetros de drenagem planos desde o plantio até a idade de 9 anos e 11 meses, durante sucessivas fases de desenvolvimento. O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, localizado no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo. A evapotranspiração foi calculada pelo método do balanço hídrico de massa para períodos de curta duração. Até cerca de 3,2 anos de idade, a evapotranspiração diária do eucalipto foi superior à do pinus. Por volta dos 4 anos de idade, houve uma inversão do consumo de água, quando o pinus atingiu 5,5 mm/dia contra 4,4 mm/dia do eucalipto. Com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração diária do eucalipto e do pinus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente. Nos estágios iniciais a evapotranspiração do eucalipto foi superior à do pinus, em função de seu rápido crescimento.

Palavras-chave: balanço hídrico; hidrologia florestal; espécies florestais exóticas.

ABSTRACT – The evapotranspiration of *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. and *Eucalyptus urophylla* S.T. Black was studied in flat drainage lysimeters from planting to the age of 9 years and 11 months, during successive stages of development. The experiment was conducted at the Walter Emmerich Forest Hydrological Laboratory, located in the Cunha Nucleus of Serra do Mar State Park (São Paulo, Brazil). Evapotranspiration was calculated by the mass water balance method for short periods. Until about 3.2 years of age, the daily evapotranspiration of eucalypt was superior to that of the pine. At around 4 years of age, there was a reversal of water consumption, when the pine reached 5.5 mm/day versus 4.4 mm/day of the eucalypt. About 10 years of age, the daily evapotranspiration values of eucalypt and pine were 3.3 mm and 5.9 mm, respectively. In the early stages of evapotranspiration of eucalypt was superior to that of pine, due to its rapid growth.

Keywords: water balance; forest hydrology; non-native forestry species.

¹ Recebido para análise em 28.05.2018. Aceito para publicação em 23.06.2019.

² Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³ Autor para correspondência: Maurício Ranzini - ranzini@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A região montanhosa do vale do rio Paraíba do Sul, onde se encontram as suas nascentes, vem sofrendo ao longo do tempo um processo de degradação ambiental. Primeiro pela substituição da vegetação nativa pelas plantações de café e, posteriormente, pela pecuária extensiva de leite, com baixa produtividade, até os dias atuais. Como resultado há sérios problemas de conservação de solo e água, comprometendo os recursos hídricos que abastecem inúmeras cidades dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Marmontel et al., 2013). Mais recentemente, tem-se a presença de reflorestamento homogêneos, principalmente, com eucalipto e, em decorrência, toda a controvérsia dessa cultura (Carriello e Vicens, 2011; Freitas Junior et al., 2012).

A importância dos reflorestamentos com pínus e eucalipto no Brasil deve-se ao significativo abastecimento que eles propiciam ao mercado de produtos florestais, com a consequente redução da pressão de exploração das florestas nativas. Na introdução dessas culturas no país os problemas referentes à escolha de espécies, formas de plantio, tratamentos culturais, corte e beneficiamento foram satisfatoriamente resolvidos após exaustivos estudos (Moratori, 2008). O tema alusivo às implicações hidrológicas nas áreas de plantio recebeu mais atenção somente nas últimas décadas e ainda existem questionamentos sobre a influência dos reflorestamentos nos recursos hídricos (Lima, 1993; Lima, 2010; Lima e Zakia, 2006).

O emprego de lisímetros é importante para a determinação dos componentes do balanço hídrico (Loos et al., 2007). O primeiro estudo com lisímetro de que se tem notícia foi realizado em Paris em 1688 por De la Hire, cientista da corte francesa que estava interessado em determinar a origem das nascentes. Desde então ocorreram centenas de estudos em vários países, com diferentes tipos de lisímetros, principalmente para avaliar a evapotranspiração. Um dos maiores experimentos foi na Floresta Experimental San Dimas, EUA, onde vinte e seis lisímetros foram instalados para comparar diversas espécies nativas do sudeste da Califórnia (Patric, 1961). No Brasil, o primeiro estudo com lisímetros de drenagem foi realizado no Instituto Agrônomo de Campinas — IAC na década de 1950, para a

determinação da evapotranspiração potencial em base mensal em três localidades no estado de São Paulo (Camargo, 1962). Embora seja comum o uso de lisímetros no estudo de culturas agrícolas, é raro em áreas florestais, em razão da dificuldade de transplantar árvores adultas neles e, no caso de se utilizar árvores jovens, o longo tempo que levará até a fase adulta (Feltrin et al., 2017).

Este trabalho faz parte de um estudo maior, iniciado no final de 1970, no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich — LHFWE, pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo. Nesse Laboratório são desenvolvidas pesquisas que visam o entendimento dos processos hidrológicos nas microbacias das cabeceiras do rio Paraíba do Sul. É composto de três microbacias com Mata Atlântica, três lisímetros, três parcelas experimentais para a determinação do escoamento superficial e produção de sedimentos e uma estação meteorológica (Arcova e Cicco, 2005).

No escopo inicial do projeto previa-se o emprego do método hidrométrico para se estudar o efeito da mudança do uso da terra em duas microbacias. Durante um período não inferior a cinco anos, as microbacias recobertas com Mata Atlântica seriam monitoradas quanto à precipitação e ao deflúvio, a fim de se obter equações de calibração de uma das microbacias em função das outras. Ao término desse período, denominado de calibração, uma das microbacias permaneceria inalterada, como testemunha, e as outras receberiam tratamento experimental, o corte raso da floresta e, na sequência, o plantio de eucalipto e pínus (Emmerich e Nakano, 1978; Emmerich et al., 1983). Com as equações de calibração e a continuidade das medições hidrológicas ao longo do ciclo de desenvolvimento dos reflorestamentos seria possível avaliar as alterações ocorridas sobre a hidrologia das microbacias. Todavia, com a criação do Parque Estadual da Serra do Mar (Decreto Estadual N°10.251 de 30/08/1977), o LHFWE passou a fazer parte de uma unidade de conservação de proteção integral, inviabilizando o emprego dessa metodologia. Dessa forma, os lisímetros foram utilizados nesse trabalho com o objetivo de contribuir para o entendimento, nessa região, do comportamento hidrológico do pínus e do eucalipto, no que se refere à evapotranspiração, durante sucessivas fases de desenvolvimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi realizado no LHFWE, localizado no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo, com os lisímetros nas coordenadas geográficas de 23°14' de latitude sul e 45°01' de longitude oeste de Greenwich, em uma altitude de 1.070 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, ou seja, clima temperado com regime de chuvas no verão, inverno seco, temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C (Luiz, 2008). A temperatura média anual é

de 17,0 °C, a umidade relativa do ar média anual é de 85,5% e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.982 mm, obtidas a partir de uma série histórica de 34 anos da estação meteorológica do Laboratório. O solo é classificado como Latossolo Amarelo ou Vermelho-Amarelo câmbico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013). É quimicamente pobre, ácido, com textura grosseira, elevada porosidade e boa permeabilidade.

Foram empregados dois lisímetros de drenagem planos, cada um com área superficial de 100 m² (10 x 10 m) e profundidade de 2 m. Suas paredes e piso são de concreto, este último com leve inclinação, direcionando toda água percolada para uma única saída, através de um tubo de PVC de 10 cm de diâmetro (Figura 1).

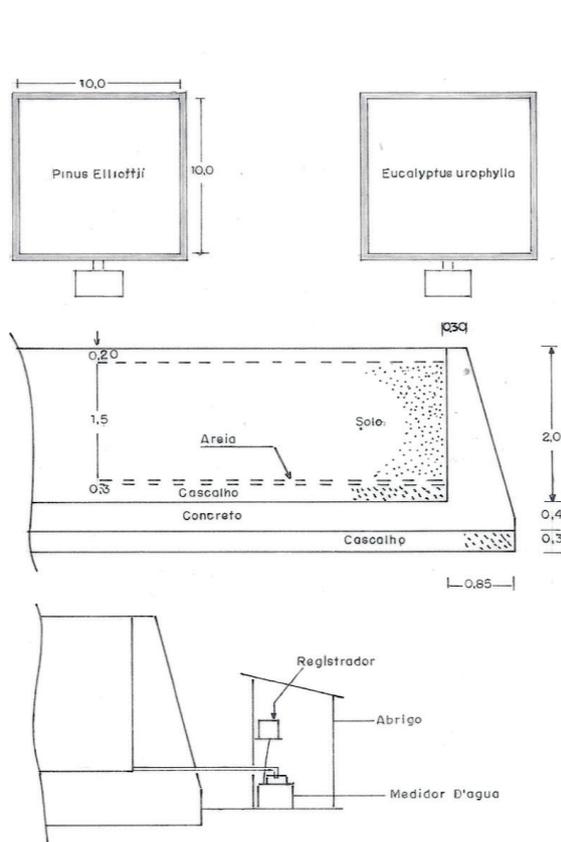


Figura 1. À esquerda: esquema com vista de cima dos lisímetros e corte transversal de um deles. Sem escala e valores em metro. À direita: fotos dos lisímetros com pinus (acima) e eucalipto (abaixo).

Figure 1. Left: schematic with top view of lysimeters and cross-section of one of them. No scale and values in meter. On the right: photos of lysimeters with pinus (above) and eucalyptus (below)

Após a construção, os lisímetros foram preenchidos com três camadas distintas de substrato: na base 20 cm de cascalho, sobre esta 10 cm de areia grossa e acima desta 150 cm de solo retirado do próprio local, restando um espaço de 20 cm entre a superfície e o topo dos lisímetros.

Por se tratar de lisímetros planos, com todo solo encaixado 20 cm abaixo do topo das paredes, não houve escoamento superficial e toda água precipitada foi forçada a se infiltrar no solo. A água percolada até a base de cada lisímetro foi conduzida até medidores de fluxo tipo básculas (1 litro/báscula de capacidade) (Nakaasa Modelo J-271-02). A cada movimento das básculas um sinal eletrônico era enviado a um registrador multicanal munido de carta de duração mensal (Nakaasa Modelo B-361), assinalando a tinta o volume de água drenado de cada lisímetro. A precipitação no local foi medida através de um pluviógrafo de báscula com sensibilidade de registro de 0,5 mm de altura pluviométrica (Nakaasa Modelo B-400).

2.2 Condução do Experimento

O estudo foi conduzido em cinco fases distintas. A fase 1 foi iniciada em 10/06/1983 e finalizada em 30/06/1984, teve como propósito verificar se existiam diferenças hidrológicas entre os lisímetros antes do plantio das mudas, isto é, apenas com o solo. Para isso foram selecionados

três períodos com 33, 31 e 37 dias cada. A fase 2 transcorreu do plantio das mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. (pínus) e de *Eucalyptus urophylla* S.T. Black (eucalipto), realizado em 20/01/85, até o primeiro desbaste. As mudas foram plantadas em espaçamento de 0,5 x 0,5 m e, dessa forma, cada lisímetro recebeu 361 plantas; além de estabelecidas três linhas de bordadura no perímetro das áreas experimentais. A fase 3 começou após o primeiro desbaste (27/05/86), realizado de forma sistemática com a eliminação alternada de linhas de árvores, e estendeu-se até o segundo desbaste (28/03/88). Nesse período os lisímetros permaneceram com 100 árvores de pínus e 93 de eucalipto. A fase 4 iniciou com o segundo desbaste, no qual foram eliminadas as árvores dominadas, mal formadas, tortas, bifurcadas e doentes, permanecendo 50 indivíduos em cada lisímetro. A fase 5 foi do terceiro desbaste (18/12/90), também seletivo, após o qual permaneceram 24 árvores de pínus e 22 árvores de eucalipto, até o final do experimento (31/12/94), quando os plantios tinham 9 anos e 11 meses.

Os lisímetros estiveram expostos às condições atmosféricas reinantes no local e não receberam irrigação em nenhuma fase do experimento.

A Tabela 1 apresenta dados de levantamentos dendrométricos realizados nos plantios de pínus e eucalipto.

Tabela 1. Dados dendrométricos nos lisímetros com pínus e eucalipto. Os dados de diâmetro a altura do peito (DAP), altura e área basal são valores médios.

Table 1. Dendrometric data in lysimeters with pine and eucalyptus. Data on breast height (DBH), height and basal area are mean values.

Data	Eucalipto					Pinus			
	Idade (meses)	DAP (cm)	Altura (m)	Núm. árv.	Área Basal (m ²)	DAP (cm)	Altura (m)	Núm. árv.	Área Basal (m ²)
27/05/86	16	1,30	1,68	100	0,013	2,20	4,89	93	0,035
10/09/86	20	1,90	1,78	100	0,028	2,80	4,97	93	0,057
09/04/87	27	4,50	3,24	100	0,159	3,40	5,96	93	0,084
19/01/88	36	6,60	4,50	100	0,342	4,60	6,48	93	0,155
28/03/88	38	7,60	5,01	50	0,227	6,60	8,61	50	0,171
22/11/88	46	8,90	5,63	50	0,311	6,80	8,89	50	0,182
21/03/90	50	12,00	7,42	50	0,565	8,20	10,74	50	0,264
18/12/90	59	12,50	8,46	50	0,614	8,50	11,01	50	0,284
20/05/92	76	15,78	9,54	24	0,469	11,90	13,27	22	0,245

A evapotranspiração em cada lisímetro foi calculada pelo método do balanço hídrico de massa, considerando-se a entrada, a saída e a variação de armazenamento de água no solo, expresso conforme a equação 1:

$$ET = P - Q \pm \Delta S \quad (1)$$

onde: ET é evapotranspiração, P é precipitação pluviométrica, Q é drenagem e ΔS é variação no armazenamento de água no solo, em milímetros de altura de água (mm).

A equação do balanço hídrico tem sido normalmente usada para o cálculo da evapotranspiração anual. Pode ser utilizada, também, para períodos de curta duração, desde que o teor de água do solo seja o mesmo no início e no fim do período considerado (Linsley et al, 1988). Uma vez que a drenagem foi continuamente medida, inferiu-se que valores iguais indicam estoques iguais. Dessa forma, a equação do balanço hídrico pode ser simplificada e a evapotranspiração calculada, considerando-se apenas a precipitação e a drenagem.

3 RESULTADOS

Na fase 1 (calibragem) foram selecionados três períodos, que juntos totalizaram 442,5 mm de precipitação, proporcionando drenagens de 309,1 mm e 291,9 mm para o pínus e o eucalipto, respectivamente. A razão entre os volumes drenados do dois lisímetros foi próxima a 1, indicando que a condição hidrológica nos lisímetros foi semelhante, condição adequada para a realização dos plantios.

Os períodos para quais foram realizados os balanços hídricos das fases 2 a 5, com os respectivos números de dias e os valores de precipitação, drenagem e evapotranspiração nos dois lisímetros são apresentados na Tabela 2.

Na fase 2 (plantio ao 1º desbaste) foi nitidamente menor o volume de água percolada no lisímetro com eucalipto (cerca de 50% menos) com relação a outra espécie, indicando um maior consumo de água. No período de menor precipitação (131,5 mm de 03/09/85 a 14/10/85) não houve drenagem no lisímetro com eucalipto, contra 65,8 mm do pínus; resultando numa evapotranspiração média diária de 5,7 mm e 3,6 mm, respectivamente.

A fase 3, do primeiro ao segundo desbaste, se caracterizou por uma aproximação de comportamento hidrológico entre as espécies florestais. A Tabela 2 quantifica os valores dessa fase mostrando, inclusive, que no período de 01/03/88 a 24/03/88 pela primeira vez se observou drenagem menor no lisímetro com pínus do que no de eucalipto. No entanto, a evapotranspiração média diária para essa fase ainda foi superior para o eucalipto (6,5 mm) contra 6,0 mm para o pinheiro.

Na fase 4, do segundo ao terceiro desbaste, se evidenciou uma inversão de comportamento das espécies, com o pínus evapotranspirando mais e, conseqüentemente, liberando menor quantidade de água (Tabela 2). A análise dos dados das precipitações pluviométricas e drenagens dos lisímetros mostrou que as chuvas concentradas provocaram uma condição semelhante entre os lisímetros. Para os eventos mais distribuídos, ocorreu o oposto, com a menor liberação de água pelo lisímetro de pínus.

Na fase 5, do terceiro desbaste ao final do experimento, se verificou que o pínus permaneceu como a espécie que menos água liberou (46% do volume escoado pelo lisímetro com eucalipto). No início dessa fase, tem-se que, à semelhança das fases anteriores, após a saturação do solo por fortes chuvas, foi o eucalipto que ainda apresentou uma redução mais rápida do volume drenado. A partir de 05/05/91 até o final dessa fase esta tendência foi observada no pínus.

Tabela 2. Fase do experimento, período, número de dias, precipitação (P), drenagem (Q) e evapotranspiração (ET) (período e diária) dos lisímetros com pinus e eucalipto; referentes às fases 2 a 5.

Table 2. Phase of period, period, number of days, rainfall (P), drainage (Q) and evapotranspiration (ET) (period and daily) of lysimeters with pine and eucalyptus; Phases 2 to 5.

Fase	Período	Dias	P (mm)	Q (mm)		ET período (mm)		ET diária (mm)	
				Pinus	Eucal.	Pinus	Eucal.	Pinus	Eucal.
2	14/04/85 - 29/05/85	46	293,0	207,0	129,8	86,0	163,2	1,9	3,5
	03/09/85 - 14/10/85	42	131,5	65,8	0,0	65,7	131,5	1,6	3,1
	15/10/85 - 09/12/85	56	400,0	159,4	5,9	240,6	394,1	4,3	7,0
	01/02/86 - 15/03/86	43	612,5	371,1	239,4	241,4	373,1	5,6	8,7
	02/04/86 - 05/05/86	34	227,0	62,8	22,4	164,2	204,6	4,8	6,0
	Total	221	1664,0	866,0	397,6	798,0	1266,5	3,6	5,7
Média			332,8	173,2	79,5	159,6	253,3	3,6	5,7
3	19/08/86 - 31/08/86	13	66,0	19,2	5,9	46,8	60,1	3,6	4,6
	01/12/86 - 20/12/86	20	281,0	153,9	139,6	127,1	141,4	6,4	7,1
	01/03/88 - 24/03/88	24	234,5	44,0	50,1	190,5	184,5	7,9	7,7
	Total	57	581,5	217,0	195,5	364,5	386,0	6,4	6,8
	Média			193,8	72,3	65,2	121,5	128,7	6,0
4	27/04/88 - 13/06/88	48	262,5	83,4	78,7	179,1	183,8	3,7	3,8
	18/10/88 - 30/11/88	44	327,0	83,5	132,8	243,5	194,2	5,5	4,4
	19/12/88 - 21/01/89	34	506,0	171,9	227,6	334,1	278,4	9,8	8,2
	08/02/89 - 21/02/89	14	203,5	77,1	105,5	126,4	98,0	9,0	7,0
	05/03/89 - 25/03/89	21	271,5	113,7	136,9	157,8	134,6	7,5	6,4
	23/09/90 - 13/11/90	52	409,5	94,0	159,8	315,5	249,7	6,1	4,8
	Total	213	1980,0	623,5	841,4	1356,5	1138,6	6,4	5,3
Média			330,0	103,9	140,2	226,1	189,8	7,0	5,8
5	10/01/91 - 27/02/91	49	419,5	144,9	192,2	274,6	227,3	5,6	4,6
	18/03/91 - 13/04/91	27	403,0	323,1	328,3	79,9	74,7	3,0	2,8
	05/05/91 - 19/05/91	15	89,0	18,6	48,4	70,4	40,6	4,7	2,7
	25/09/92 - 15/11/92	52	361,0	81,0	264,0	280,0	97,0	5,4	1,9
	16/11/92 - 25/12/92	40	458,7	236,0	418,5	222,7	40,2	5,6	1,0
	23/01/93 - 13/03/93	34	405,0	31,7	174,2	373,3	230,8	11,0	6,8
	14/03/93 - 14/04/93	50	209,5	3,1	47,1	206,4	162,4	4,1	3,2
	29/09/93 - 06/11/93	39	185,7	11,3	94,0	174,5	91,7	4,5	2,4
	23/12/93 - 04/02/94	44	320,0	14,5	190,6	305,5	129,4	6,9	2,9
	10/03/94 - 03/05/94	55	489,0	201,7	262,5	287,3	226,5	5,2	4,1
	17/11/94 - 31/12/94	45	526,5	114,9	355,2	411,7	171,3	9,1	3,8
	Total	450	3866,9	1180,8	2375,0	2686,1	1491,9	6,0	3,3
Média			351,5	107,3	215,9	244,2	135,6	5,9	3,3

A Figura 2 mostra a marcha da evapotranspiração das duas espécies ao longo do período experimental. Inicialmente, a evapotranspiração do eucalipto foi superior, atingindo o valor máximo entre 9 e 14 meses, coincidindo com o maior crescimento das árvores em diâmetro e altura quando comparado ao pínus (Tabela 1). Com cerca de 1 ano e 8 meses a evapotranspiração do eucalipto decresceu e praticamente se igualou a do pínus, sendo

suplantada por este aos 3 anos e 10 meses (indicado pela seta preta), permanecendo maior até o final do experimento. Nesse período, o pínus passou a ter maior desenvolvimento vegetativo (Tabela 1).

Quando se analisa o período como um todo, se observa a relação da precipitação com a evapotranspiração (Figura 3). Nos períodos menos chuvosos ocorreram as menores taxas de evapotranspiração diária. O oposto foi constatado para as maiores precipitações.

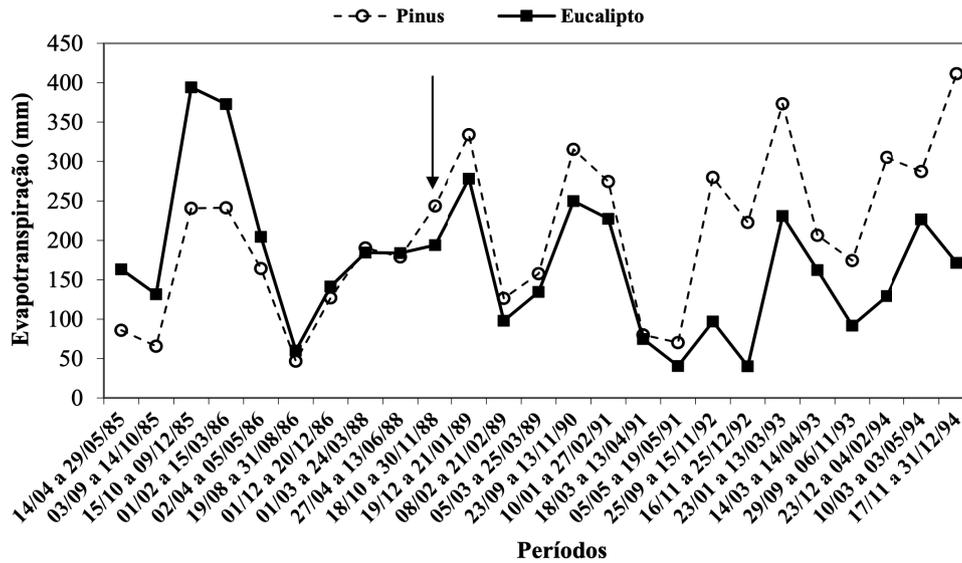


Figura 2. Evapotranspiração ao longo de todos os períodos para os lisímetros com pínus e eucalipto. A seta indica quando a evapotranspiração do pínus supera o do eucalipto.

Figure 2. Evapotranspiration throughout all periods for lysimeters with pine and eucalyptus. The arrow indicates when the evapotranspiration of the pine surpasses the eucalyptus.

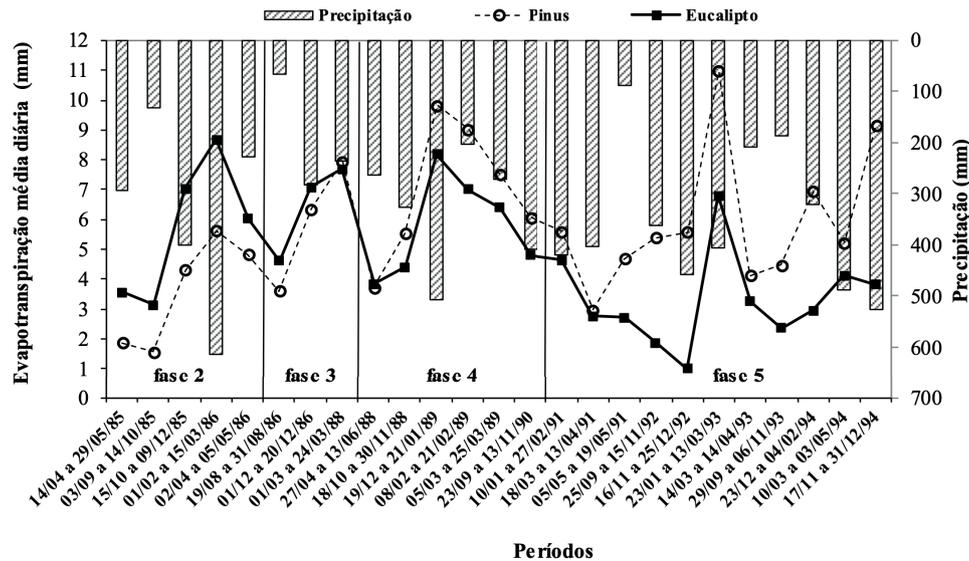


Figura 3. Evapotranspiração média diária ao longo de todos os períodos e fases para os lisímetros com pínus e eucalipto. No eixo secundário tem-se a precipitação para cada período.

4 DISCUSSÃO

Até cerca de 3,2 anos de idade, final da fase 3, a evapotranspiração do eucalipto foi superior à do pínus. Na fase de crescimento, as taxas de transpiração por unidade foliar das espécies folhosas são duas a três vezes maiores do que as das coníferas (Cannell, 1999). No presente estudo, a evapotranspiração média diária para o eucalipto e para o pínus foi de 5,7 mm e 3,6 mm na fase 2, com a diferença diminuindo na fase 3 para 6,5 mm e 6,0 mm, respectivamente.

Por volta dos 4 anos de idade, já na fase 4, houve a inversão da evapotranspiração entre o eucalipto e o pínus, quando essa espécie atingiu 5,5 mm/dia contra 4,4 mm/dia do eucalipto. O fator preponderante dessa situação foi, provavelmente, a maior interceptação das chuvas pelas copas das árvores dos pínus. Em função de apresentar o índice de área foliar superior e não perderem as folhas ao longo do ano, as coníferas têm maior capacidade de armazenamento de água que as folhosas e, sob certas circunstâncias, levando a maior perda evaporativa por interceptação (Cannell, 1999). Em média, as florestas de pínus interceptam o dobro da precipitação do que as de eucalipto (28% contra 14%, respectivamente) (Zhang et al., 1999).

Em uma pesquisa usando o balanço hídrico do solo em plantação de *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da China de clima tropical, densidade de 1.675 árvores/ha e precipitação entre 1.300 e 1.800 mm, a evapotranspiração média diária foi cerca de 2,9 mm aos cinco anos de idade (Lane et al. 2004). Similar a evapotranspiração de 3,0 mm/dia, média de seis anos, densidade de 1.111 árvores/ha e precipitação média anual de 1.147 mm, obtida com o modelo UAPE-Uso de Água em Plantações de Eucalipto num plantio híbrido de *Eucalyptus grandis* em uma microbacia no município de Aracruz-ES (Almeida et al., 2007). Empregando o método do balanço hídrico do solo em plantações de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* de 5 anos de idade no Vale do Jequitinhonha-MG, Lima et al. (1990) encontraram valores de evapotranspiração diária média de

2,5 mm e 2,0 mm, respectivamente, para uma precipitação média anual de 1.121 mm. Todos esses valores são inferiores aos 4,8 mm/dia do eucalipto e 6,1 mm/dia do pínus alcançados no presente estudo. Embora a idade das plantações nas três pesquisas citadas seja equivalente à dos lisímetros do LHFWE (6 anos), a densidade de árvores no atual caso é maior (50 árvores em 100 m²), fato que contribui para as elevadas taxas de evapotranspiração ora registradas.

Estudos em plantações de eucalipto mostram que com o aumento da idade há diminuição da transpiração e da interceptação (Ferraz et al, 2013; Roberts et al., 2001; Vertessy et al., 2001). No final do experimento (fase 5), com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração média diária para o eucalipto e para o pínus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente. A evapotranspiração do eucalipto foi similar à obtida por Soares e Almeida (2001), de 3,7 mm/dia, num plantio híbrido com 9 anos de idade de *Eucalyptus grandis* em uma microbacia no município de Aracruz-ES, para um período de 1 ano e precipitação de 1.396 mm.

5 CONCLUSÕES

As análises dos resultados do estudo em lisímetros planos de drenagem no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich permitiram concluir que do plantio até pouco mais de três anos de idade, a evapotranspiração do *Eucalyptus urophylla* foi superior à do *Pinus elliottii* var. *elliottii* em resposta a seu rápido crescimento. Por volta de quatro anos de idade, a evapotranspiração do pínus suplantou a do eucalipto. No final do experimento, com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração diária para o eucalipto e para o pínus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.A. et al. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1-2, p. 10–21, 2007.

- ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. Manejo de Bacias Hidrográficas. In: HONDA, E.A.; YAMAZOE, G. (Org.). **25 anos de cooperação JICA - Instituto Florestal**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. cap. 3, p. 34-46.
- CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, n. 12, p. 163-213, 1962.
- CANNELL, M.G.R. Environmental impacts of forest monocultures: water use, acidification, wildlife conservation, and carbon storage. **New Forests**, v. 17, n. 1-3, p.239-262, 1999.
- CARRIELLO, F.; VICENS, R.S. Silvicultura de eucalipto no vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6403-9.
- EMMERICH, W.; NAKANO, H. Considerações sobre o projeto de manejo de bacias hidrográficas dos rio Uma e Paraíba. In: Congresso Florestal Brasileiro, 3., 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: Silvicultura (Edição Especial), 1978. p. 218-219.
- EMMERICH, W. et al. Manejo de bacias hidrográficas. In: Congresso Florestal Brasileiro, 4., 1983, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Silvicultura (n. 28), 1983, p. 273-275.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 2013. 353 p.
- FELTRIN, R.M. et al. Use of Lysimeters to Assess Water Balance Components in Grassland and Atlantic Forest in Southern Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228: 247, n. 7, 2017. Não paginado.
- FERRAZ, S.F.B.; LIMA, W.P.; RODRIGUES, C.B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p.58–66, 2013.
- FREITAS JUNIOR, G. et al. Os eucaliptos no Vale do Paraíba Paulista: aspectos geográficos e históricos. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 4, p. 221-237, 2012.
- LANE, P.N.J. et al. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n. 3-4, p. 253–267, 2004.
- LIMA, W.P. **A silvicultura e a água: ciência, dogmas, desafios**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica. 2010. 64 p.
- _____. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP. 1993. 301 p.
- _____; ZAKIA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa Editora. 2006. 226 p.
- _____. et al. Comparative evapotranspiration of eucalyptus, pine and natural “cerrado” vegetation measure by the soil water. **Revista IPEF International**, v. 1, p. 5-11, 1990.
- LINSLEY, R.K. et al. **Hydrology for Engineers**. Singapore: McGraw-Hill Book Co. 1988. 492 p.
- LOOS, C. et al. Assessment of water balance simulations for large-scale weighing lysimeters. **Journal of Hydrology**, v. 335, n. 3-4, p.259–270, 2007.
- LUIZ, R.A.F. **Classificação climática do núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha-SP**. 2008. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.
- MARMONTEL, C.V.F. et al. Caracterização da vegetação secundária do bioma mata atlântica com base em sua posição na paisagem. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 2042-2052, Nov./Dec. 2013.

MORATORI, N. O. **A história do IPEF na silvicultura brasileira**. Piracicaba: IPEF, 2008. 144 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/livroipef40anos/pdfs/ipef40anos.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

PATRIC, J.H. A forester looks at lysimeters. **Journal of Forestry**, v. 59, n, 12, p. 889-893, 1961.

ROBERTS, S. et al. Transpiration from *Eucalyptus sieberi* (L. Johnson) forests of different age. **Forest Ecology and Management**, v. 143, n. 1-3, p. 153-161, 2001.

SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 253, n. 1-4, p.130–147, 2001.

VERTESSY, R.A. et al. Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. **Forest Ecology and Management**, v. 143, n. 1-3, p. 13-26, 2001.

ZHANG, L. et al. **Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance**. Canberra: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 1999. 35 p. (Technical Report 99/12).

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS E PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS EM CLONES DE *Pereskia aculeata* MILL¹

GENETIC PARAMETERS ESTIMATES AND PREDICTION OF BREEDING VALUES IN CLONES OF *Pereskia aculeata* MILL

Weverton Gavlik dos SANTOS²; Fernanda Bortolanza PEREIRA³; Isabel HOMCZINSKI²;
Leonardo Vannucchi MUNHOZ²; Fabiana Schmidt Bandeira PERES²; Evandro Vagner TAMBARUSSI^{2,3,4}

RESUMO – *Pereskia aculeata* Mill. é popularmente conhecida como Ora-pro-nóbis. Devido ao seu alto teor de proteínas e vitaminas e fácil manejo e cultivo, pode ser produzida em larga escala e complementar tanto a alimentação humana como a animal. O objetivo da pesquisa foi estimar parâmetros genéticos quantitativos para 10 clones da espécie. Foram avaliados o número de brotações (NB), comprimento do maior broto (CB, cm) e diâmetro do colo do maior broto (COL, mm) aos 10 meses de idade. Os valores genotípicos de cada caráter analisado foram estimados utilizando o modelo misto número 83, implementado no software SELEGEN, pelo procedimento da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Os valores médios para NB, CB e COL foram de 4,80; 24,25 e 0,33, respectivamente. As herdabilidades no sentido amplo variaram de 0,07, para NB a 0,55 para COL. A variabilidade genética para NB e COL entre clones não foi significativa. Contudo, coeficiente de variação relativa (1,12) indica a possibilidade de seleção de clones a partir do comprimento de maior broto. Os resultados observados indicam a possibilidade de se dar início ao programa de melhoramento, embora evidenciem a necessidade de se desenvolverem estudos complementares para avaliação de outras características ligadas à produtividade e qualidade nutricional de Ora-pro-nóbis.

Palavras-chave: pré-melhoramento; Ora-pro-nóbis; alimentação alternativa; teste clonal; BLUP.

ABSTRACT- *Pereskia aculeata* Mill. is popularly known as “Ora-pro-nóbis”. Due to its content of proteins and vitamins, easy management and cultivation, can be planted in large scale and used as complement to feed human and animals. The aim of the research was to estimate quantitative genetic parameters for 10 clones of the species. The number of shoots (NB), length of the largest shoot (CB, cm) and diameter of the largest shoot (COL, mm) at 10 months of age were evaluated. The genotypic values of each analyzed character were estimated using the mixed model number 83, implemented in SELEGEN software, by the Maximum Restricted Likelihood (REML) procedure. The mean values for NB, CB and COL were 4.80, 24.25 and 0.33, respectively. Heritabilities in the broad sense ranged from 0.07 for NB to 0.55 for COL. Genetic variability among clones for NB and COL was not significant. However, the relative coefficient of variance (1,12) indicates the possibility of selecting clones using the length of largest shoot. The observed results indicate the possibility of start the breeding program, although highlight the need of researches to evaluate other characteristics of productivity and nutritional quality of Ora-pro-nóbis.

Keywords: pre-breeding; Ora-pro-nóbis; alternative feeding; clonal test; BLUP.

¹Recebido para análise em 15.05.2019. Aceito para publicação em 30.06.2019.

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), BR 153, km 07, Riozinho, CEP 84500-000, Irati, Paraná, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Av. Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Evandro Vagner Tambarussi - tambarussi@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Pereskia aculeata* Mill., popularmente conhecida como Ora-pro-nóbis, do latim “rogai por nós” (Almeida e Corrêa, 2012), é proveniente das regiões tropicais da América Latina, como Caribe, Peru, Paraguai, Argentina e Brasil, sendo encontrada no Brasil desde o Estado da Bahia até o Rio Grande do Sul (Souza et al., 2015). Pertencente à família Cactaceae, é uma planta perene, rústica, de porte arbustivo, comumente conduzida como trepadeira e apresentando espinhos, sendo, por tais características, usada como cerca viva (Mathias et al., 2013).

Utilizada na medicina tradicional e na alimentação (Carvalho et al., 2014; Souza et al., 2015), é reconhecida como planta alimentícia não-convencional (Barbosa et al., 2015). Suas folhas altamente nutritivas são a parte mais consumida da planta em diversas formas de preparo (Silva et al., 2018). Devido aos elevados teores de proteínas é denominada “carne de pobre” (Rocha et al., 2008), com conteúdo proteico na matéria seca variando de 17,40% (Almeida Filho e Cambraia, 1974) a 28,59% (Takeiti et al., 2009). Também apresenta alto teor de carboidratos, fósforo, magnésio, ferro, cobre e vitaminas A, B e C (Tofanelli e Resende, 2011; Oliveira et al., 2013; Souza et al., 2015). O consumo regular pode prevenir anemias e fortalecer o sistema imunológico, por conter altos teores de ferro e lisina (Santos et al., 2012).

A Ora-pro-nóbis possui boas características agrônômicas como rusticidade, vigor, resistência à carências hídricas prolongadas e facilidade de propagação vegetativa (Brasil, 2010; Tofanelli e Resende, 2011; Queiroz et al., 2015a; Queiroz et al., 2015b), se desenvolvendo bem em vários tipos de solos, não sendo exigente em fertilidade, apenas não tolerando solos encharcados (Brasil, 2010; Mathias et al., 2013). Em relação ao sistema de produção da espécie, apesar do hábito de trepadeira, o crescimento sem anteparo e sem podas demonstrou ser o sistema de cultivo mais favorável a uma maior produtividade (Tofanelli e Resende, 2011), bem como a condição de sombreamento favoreceu maiores teores minerais e proteicos nas folhas (Queiroz et al., 2015c).

Melífera, com florescimento entre os meses de janeiro e abril (Brasil, 2010) e com

boa produtividade já a partir do seu primeiro ano de vida, Oro-pro-nóbis tem se destacado como uma alternativa econômica interessante para a diversificação da propriedade rural familiar e populações de baixa renda (Rocha et al., 2008; Macêdo, 2017). Entretanto, não se identificam na literatura recente estudos para obtenção de cultivares e/ou variedades de Oro-pro-nóbis, o que, associado a necessidade de ações que ampliem o cultivo e uso da espécie pelos produtores rurais (Queiroz et al., 2015b), indicam uma oportunidade de se desenvolver programas de melhoramento genético da espécie voltado para obtenção de genótipos com características de qualidade para consumo humano, bem como produtividade.

Assim, tendo em vista o potencial social e econômico, alto teor de proteínas e vitaminas, o fácil manejo e cultivo, além de ser uma espécie nativa, o objetivo do presente estudo foi obter as estimativas de parâmetros genéticos em teste clonal de *P. aculeata*, visando subsidiar o melhoramento da espécie, avaliar a variabilidade genética existente na procedência estudada e determinar características de crescimento úteis para avaliação de clones em programas de melhoramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Vegetal

O experimento foi estabelecido no viveiro de mudas da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati (Unicentro), no município de Irati, estado do Paraná, Brasil. A altitude local é de aproximadamente 812 metros, com clima tipo temperado úmido com verão temperado e geadas frequentes no inverno (Cfb). As temperaturas médias anuais variam de 11,0 °C a 24,2 °C. A média mensal de precipitação pluviométrica é de 1.939 mm (Schallenger et al., 2010). As dez matrizes foram selecionadas no município de Palmeira, Estado do Paraná, sob coordenadas 25° 18' S, 50° 30' O e 895 m de altitude, com clima classificado como Cfb, temperatura média de 17,4 °C e 1.476 mm de pluviosidade média anual (Weger et al., 2012).

A população de Palmeira foi implementada com materiais oriundos de uma população natural do município de Ribeirão Branco, Estado de São Paulo, sob coordenadas 24° 13' 11" S, 48° 46' 4" O e 900 m

de altitude, cujo clima é do tipo Cfb, com temperatura e pluviosidade médias anual de 18,0 °C e 1.346 mm, respectivamente (Setzer, 1966). Todas as matrizes selecionadas possuíam 20 cm de altura e estavam em idade adulta no momento da coleta de material.

2.2 Delineamento experimental e estimativa dos parâmetros genéticos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com uma planta por parcela, 10 genótipos (tratamentos), e 15 repetições para cada genótipo. Os genótipos foram propagados via estacas intermediárias coletadas das matrizes em idade produtiva. As estacas foram plantadas em recipientes plásticos de 577 cm³. O substrato utilizado foi composto por 40% de areia grossa, 60% de terra preta e 100g de fertilizante Osmocote® 14-14-14 Classic (3 a 4 meses) (fertilizante de liberação controlada) para cada 18 litros de substrato, e as plantas foram dispostas no viveiro em espaçamento de 40 cm x 40 cm.

As características avaliadas foram o número de brotações (NB), comprimento do maior broto (CB, em cm) e diâmetro do colo do maior broto (COL, em mm) de plantas aos 10 meses de idade. Para as análises estatísticas, foi empregado o modelo linear misto número 83 (1), implementado no software SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2009):

$$y = Xu + Zg + e \quad (1),$$

em que y é o vetor de dados, u é o escalar referente à média geral (efeito fixo), g é o vetor dos efeitos genéticos (aleatórios), e e é o vetor de resíduos (efeito aleatório). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os componentes de variância, estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML, do inglês Restricted Maximum Likelihood) (Patterson e Thompson, 1971), foram a variância genotípica (σ_g^2), variância residual (σ_e^2), variância fenotípica (σ_f^2), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos

efeitos genotípicos totais (h_g^2) (2), coeficiente de variação genotípica $CV_g(\%)$ (3) e coeficiente de variação residual ($CV_e(\%)$) (4) e coeficiente de variação relativa (b) (5), conforme Vencovsky e BARRIGA (1992):

$$\hat{h}_g^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2} \quad (2),$$

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\bar{m}} \cdot 100 \quad (3),$$

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{QM_{resíduos}}}{\bar{m}} \cdot 100 \quad (4),$$

$$\hat{b} = \frac{CV_g}{CV_e} \quad (5),$$

em que $\hat{\sigma}_g^2$ é a variância genotípica, $\hat{\sigma}_e^2$ é a variância ambiental, \bar{m} é a média dos clones e $QM_{resíduos}$ é o quadrado médio dos resíduos.

Os componentes de média e efeitos genotípicos foram preditos via método da melhor predição linear não viesada (BLUP, do inglês Best Linear Unbiased Prediction) (Henderson, 1975).

3 RESULTADOS

A análise de DEVIANCE (ANADEV) indicou a existência de variação significativa a 5% de probabilidade, entre os clones para comprimento do maior broto. Já para as demais características não se observaram diferenças significativas.

A componente ambiental da variância foi superior a componente genética, exceto para comprimento do maior broto, que também resultou como a única variável com coeficiente de variação relativa (\hat{b}) acima da unidade (Tabela 2).

Uma vez que apenas o comprimento do maior broto apresentou efeito significativo para genótipos (Tabela 1), o resultado da predição dos efeitos genotípicos e o consequente ordenamento dos clones foram obtidos apenas para esta variável (Tabela 3). Os clones 5, 7, 3 e 4 foram os únicos que apresentaram valores genotípicos positivos para essa característica.

Tabela 1. Análise de DEVIANCE para as características número de brotos (NB, unidade), comprimento (CB, cm) e diâmetro do colo (COL, mm) do maior broto em teste clonal para clones de *Pereskia aculeata* aos 10 meses de idade.

Table 1. Deviance analysis for number of sprouts (NB, unit), length (CB, cm) and diameter (COL, mm) of largest sprout in clonal test for clones of *Pereskia aculeata* at 10 months of age.

Característica	DEVIANCE	LRT
NB (unidade)	230,87	3,07ns
CB (cm)	733,55	84,22*
COL (cm)	-528.53	3,01ns

*: 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Tabela 2. Estimativa dos componentes da variância e herdabilidade para as características número de brotos (NB, unidade), comprimento (CB, cm) e diâmetro do colo (COL, mm) do maior broto para clones de *Pereskia aculeata* aos 10 meses de idade.

Table 2. Estimation of variance components and heritability for number of sprouts (NB, unit), length (CB, cm) and diameter (COL, mm) of largest sprout for clones of *Pereskia aculeata* at 10 months of age.

Parâmetros	NB (unidade)	CB (cm)	COL (mm)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,12	49,83	0,001
$\hat{\sigma}_e^2$	1,60	40,88	0,01
$\hat{\sigma}_f^2$	1,72	90,72	0,01
\hat{h}_g^2	0,07±0,06	0,55±0,17	0,07±0,06
$\overline{CV}_g(\%)$	7,24	26,05	7,99
$\overline{CV}_e(\%)$	26,28	23,59	29,16
\hat{b}	0,07	1,10	0,07
Média	4,81	27,10	0,34

Legenda: $\hat{\sigma}_g^2$ - variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$ - variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ - variância fenotípica, \hat{h}_g^2 -herdabilidade no sentido amplo; $\overline{CV}_g(\%)$ - coeficiente de variação genotípica; $\overline{CV}_e(\%)$ - coeficiente de variação residual; \hat{b} - coeficiente de variação relativa.

Tabela 3. Componente de média BLUP (efeito genotípico – g) dos clones de *Pereskia aculeata* da procedência de Palmeira, Estado do Paraná, avaliados para comprimento do maior broto (cm) aos 10 meses de idade.

Table 3. Component of average BLUP (genotypic effect - g) of the clones of *Pereskia aculeata* from the Palmeira, Paraná state, evaluated for length of the largest shoot (cm) at 10 months of age.

Ordenamento	Clone	g	u+g	Nova média
1	5	13,38	40,48	40,48
2	7	10,30	37,41	38,94
3	3	0,42	27,52	35,14
4	4	0,41	27,52	33,23
5	8	-1,17	25,93	31,77
6	1	-1,80	25,31	30,69
7	2	-2,93	24,18	29,76
8	6	-3,50	23,50	28,99
9	9	-7,45	19,65	27,95
10	10	-7,67	19,43	27,10

4 DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros genéticos

Para o presente estudo, as variâncias ambientais representaram a maior proporção da variância fenotípica total para número de brotos e diâmetro de colo do maior broto, resultando em estimativas dos coeficientes de variação genotípica ($\bar{c}\bar{v}_g(\%)$), que expressa a porcentagem média da quantidade de variação genética existente, inferiores às estimativas da variação ambiental ($\bar{c}\bar{v}_e(\%)$). A contribuição majoritária da variação ambiental para a variância fenotípica de características quantitativas em *P. aculeata* também é observada para características de crescimento em outras culturas agrônomicas como couve (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) (Azevedo et al., 2012) e abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne) (Ferreira et al., 2016), por exemplo. Para característica de comprimento do maior broto, a relação entre $\bar{c}\bar{v}_g(\%)$ e $\bar{c}\bar{v}_e(\%)$ foi inversa às demais características, ou seja, há maior peso da componente genética na variação fenotípica total para esta variável, o que também foi observado para comprimento de brotos por Rufino et al. (2010) em *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira), mas não para comprimento da rama principal em abóbora (Ferreira et al., 2016).

De acordo com a classificação de Resende et al. (1995), a herdabilidade é considerada baixa quando apresenta valores entre 0,01 a 0,15, moderada de 0,15 a 0,50 e alta se superiores a 0,50. Em consequência da baixa variabilidade fenotípica observada entre os clones, associada à predominância da componente ambiental, as herdabilidades no sentido amplo (\hat{h}_g^2) estimadas para diâmetro do maior broto e número dos brotos foram de baixa magnitude, mesmo em comparação a outras culturas agrônomicas. Em couve, Azevedo et al. (2012) observaram uma \hat{h}_g^2 para número de brotos igual a 30,54% frente aos 7,8% observados aqui para *P. aculeata*. Mesmo para a característica comprimento do broto, cuja \hat{h}_g^2 foi de alta magnitude, os valores observados foram inferiores ao observado, por exemplo, em *L. alba* para Rufino et al. (2010), em que \hat{h}_g^2 foi superior a 95% em comparação aos 55% aqui observados.

O comprimento do maior broto foi, dentre as três avaliadas, a única característica que apresentou maior controle genético, como indicado pelo coeficiente de variação relativa (\hat{b}) acima da unidade, assinalando com isso, a possibilidade de ganhos com a seleção clonal dos materiais avaliados (Vencovsky, 1978). Ainda, de acordo com Resende e Duarte (2007), um \hat{b} de 1,10, considerando as quinze repetições utilizadas no experimento, resulta

numa acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}) de aproximadamente 0,97. A utilização de \hat{b} para seleção de características para seleção em melhoramento possui a vantagem de fornecer a real grandeza da possibilidade do incremento genético do caráter dentro de um conjunto de indivíduos em estudos (Vencovsky e BARRIGA, 1992). Assim, os resultados indicam que a característica comprimento do maior broto pode ser trabalhada em programas de melhoramento, especialmente se estudos posteriores observarem correlações significativas entre esta e outras características de interesse ligadas à produtividade e qualidade nutricional, como peso seco e fresco de folhas, número e peso de frutos e teor de proteínas e vitaminas.

Ademais, também se evidencia a importância de se identificar características que sirvam para seleção em melhoramento genético, especialmente em culturas potenciais como a Ora-pro-nóbis, uma vez que o controle genético de características de crescimento varia grandemente entre culturas e entre características. Oliveira et al. (2015), por exemplo, avaliando parâmetros genéticos em *Coriandrum sativum* L. (Coentro), verificaram que, dos quatro caracteres avaliados, três poderiam ser utilizados para seleção em programa de melhoramento. Em cenoura (*Daucus carota* L.), todas as quatro características estudadas para folha quanto raiz apresentaram alto controle genético, com altas herdabilidades (Vieira et al., 2009), podendo por tanto serem utilizadas no processo de melhoramento. Considerando que a Ora-pro-nóbis apresenta alta produtividade já a partir do seu primeiro ano de vida, permitindo de cinco a oito colheitas anuais a partir do segundo ano de vida (Macêdo, 2017), o resultado obtido para comprimento do maior broto é promissor. No entanto, avaliações em diferentes anos produtivos, para verificar a estabilidade do controle genético da característica, bem como assegurar que seleção em idades inferiores reflita a superioridade genética de plantas selecionadas, são necessárias.

4.2 Seleção preliminar de matrizes

A variabilidade genética observada para comprimento do maior broto pode viabilizar o

programa de melhoramento genético de Ora-pro-nóbis a partir do cruzamento entre matrizes selecionadas, visando gerar variabilidade genética via segregação, bem como formar uma população base inicial para melhoramento a médio e longo prazo.

Métodos eficientes devem ser aplicados na seleção dos genitores que serão utilizados para geração de variabilidade genética. Neste contexto, os valores genotípicos devem ser os preferíveis pelos melhoristas, uma vez que são de fato os verdadeiros valores a serem reproduzidos nas populações melhoradas (Borges et al., 2010). No presente estudo, o ordenamento obtido para seleção a partir dos valores genotípicos preditos (g) para comprimento do maior broto, indicam que as matrizes com maior produtividade assegurada em bases genéticas correspondem aos clones 5, 7, 3 e 4.

A *P. aculeata* não apresenta ainda cultivares registrados, embora sejam observadas variações entre materiais de distintas regiões (Tofanelli e Resende, 2011). Desta forma, os resultados sobre a variabilidade genética observada para a procedência estudada, inexistentes na literatura até a presente data, associados às boas perspectivas de popularização do cultivo e uso dessa espécie, ressaltam a importância de se formar um banco de germoplasma, ampliando o número de procedências e/ou origens, bem como definir quais outras características correlacionadas à produtividade e qualidade nutricional da espécie podem ser utilizadas na seleção de materiais superiores, a partir da realização de estudos complementares.

5 CONCLUSÃO

Há, na procedência de *P. aculeata* estudada, variação genética que pode ser usada dar início ao estabelecimento de um programa de melhoramento genético.

O comprimento do maior broto apresentou variação significativa entre genótipos, podendo ser empregada como variável de seleção.

Recomendam-se estudos que correlacionem o comprimento do maior broto com características de qualidade nutricional e produtividade de massa foliar.

6 AGRADECIMENTOS

Fernanda Bortolanza Pereira e Isabel Homczinski contaram com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil - CAPES - Código de Financiamento e o Dr. Evandro Vagner Tambarussi foi apoiado pela bolsa de pesquisa da Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.). **Ceres**, v.21, n.114, p.105-111, 1974.
- ALMEIDA, M.E.F.; CORRÊA, A.D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 751–756, 2012.
- AZEVEDO, A.M. et al. Desempenho agrônomico e variabilidade genética em genótipos de couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1751-1758, 2012.
- BARBOSA, C.K.R.; FERNANDO, L.F.; CASALI, V.W.D. Handling and postharvest shelf life of ora-pro-nobis leaves. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 3, p. 307-311, 2015.
- BORGES, V. et al. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2010. 92 p.
- CARVALHO, A.E.G. et al. Wound healing properties and mucilage content of *Pereskia aculeata* from different substrate. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 24, n. 6, p. 677-682, 2014.
- FERREIRA, M.G. et al. Parâmetros genéticos, dissimilaridade e desempenho per se em acessos de abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 537-546, 2016.
- HENDERSON, C.R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, p. 423-447, 1975.
- MACÊDO, A. **Sistema de produção adotado no PR aumenta produtividade de ora-pro-nobis**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12501903/sistema-de-producao-adotado-no-pr-aumenta-produtividade-de-ora-pro-nobis>>. Acesso em: 09 mar. 2017.
- MATHIAS, J.; MADEIRA, N.R.; SILVEIRA, G.S.R. Como plantas ora-pro-nobis. **Globo rural**. 2013. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2013/12/como-plantar-ora-pro-nobis.html>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- OLIVEIRA, D.C.S. et al. Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 472-475, 2013.
- OLIVERA, N.S. et al. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 319-323, 2015.
- PATTERSON, H.D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, p. 545-554, 1971.
- QUEIROZ, C.R.A.A. et al. Growing *Pereskia aculeata* under intermittent irrigation according to levels of matric potential reduction. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 1-8, 2015a.
- _____. et al. Ora-pro-nobis em uso alimentar humano: percepção sensorial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015b.
- _____. et al. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015c.
- RESENDE M.D.V. et al. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, v. 24, p. 35-45, 1995.

RESENDE M.D.V. et al. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, 975 p.

_____.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

ROCHA, D.R.C. et al. Macarrão adicionado de Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.

RUFINO, E.R. et al. Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres relacionados ao vigor de estacas em *Lippia alba*. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 779-785, 2010.

SANTOS, I.C. et al. Ora-pro-nóbis: da cerca à mesa. **Circular Técnica**, n. 177, Empresa de pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, p. 1-4, 2012.

SCHALLENBERGER, L.S. et al. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati, PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 2, p. 105-123, 2010.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Ed. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai em colaboração com as centrais elétricas de SP. (CESP). São Paulo. 1966.

SILVA, D.O. et al. Phenological and physicochemical properties of *Pereskia aculeata* during cultivation in south Brazil. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 325-329, 2018.

SOUZA, M.S.S. et al. Effects of *Pereskia aculeata* Miller on the Biochemical Profiles and Body Composition of Wistar Rats. **Journal of Biosciences and Medicines**, v. 3, n. 7, p. 82-89, 2015.

TAKEITI, C.Y. et al. Nutritive evaluation of non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. 1, p. 148-160, 2009.

TOFANELLI, M.B.D.; RESENDE, S.G. Sistemas de condução na produção de folhas de Ora-pro-nobis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 466-469, 2011.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978, p. 122-210.

_____.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 496 p.

VIEIRA, J.V. et al. Divergência genética entre acessos de cenoura pertencentes a grupos varietais distintos utilizando caracteres morfológicos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 473-477, 2009.

WEGER, M.S. et al. **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2012, 334p.

**GRADIENTES DE UMIDADE E SUAS IMPLICAÇÕES NAS TENSÕES DE SECAGEM,
QUANTIDADE E DIMENSÕES DE RACHADURAS NA MADEIRA DE *Eucalyptus tereticornis*
AOS 15 ANOS¹**

**MOISTURE GRADIENTS AND THEIR IMPLICATIONS ON DRYING AND QUANTITY, CRACK
DIMENSIONS ON THE WOOD OF 15-YEAR-OLD *Eucalyptus tereticornis***

Maiara TALGATTI²; Amanda Grassmann da SILVEIRA²; Talita BALDIN²;
Laura Hoffmann de OLIVEIRA^{2,3}; Elio José SANTINI²

RESUMO - O gradiente de umidade, que corresponde à diferença de umidade entre o centro e a periferia da peça de madeira, desempenha papel importante no desenvolvimento de tensões que causam defeitos como rachaduras, encruamento e empenamentos. Cuidados para reduzir essa diferença no decorrer e no final do processo de secagem são procedimentos importantes para que a qualidade da madeira não seja comprometida. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do gradiente de umidade no desenvolvimento de tensões resultantes da secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* conduzida em estufa convencional. Para isso, tábuas de 40 x 10 x 70 mm foram submetidas à secagem nas temperaturas de 45, 60 e 75°C, desde verde até o teor de umidade de 12%. No final da secagem foi avaliado a qualidade do material, por meio do gradiente de umidade, tensões de secagem e defeitos. A temperatura de 75°C proporcionou menor tempo de secagem, porém, maiores gradientes de umidade, maiores tensões e menor qualidade da madeira ao final da secagem. As temperaturas de 60° e 40°C apresentaram grande diferença no tempo de secagem, porém gradientes de umidade muito semelhantes e qualidade do material final também. Pode-se então, sugerir que seja utilizada a temperatura de 60°C para a secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* com ganho de tempo e qualidade muito próxima da proporcionada por baixas temperaturas.

Palavras-chave: umidade da madeira; taxa de secagem; defeitos de secagem.

ABSTRACT - The moisture gradient, which corresponds to the humidity difference between the center and the periphery of the piece of wood plays an important role in the development of stresses that cause defects such as cracking, hardening and warping. Care to reduce this difference during and at the end of the drying process are important procedures so that the quality of the wood is not compromised. The present work had as the objective of this study was to evaluate the effect of the moisture gradient on the development of stresses of drying *Eucalyptus tereticornis* wood conducted in a conventional greenhouse. For 40 x 10 x 70 mm boards were then dried at temperatures of 45°C, 60°C and 75°C, from green to a moisture content of 12%. At the end of the drying, the quality was evaluated. through the moisture gradient, drying stresses and defects. The temperature 75°C provided shorter drying time, but higher moisture gradients, higher tensions and lower wood quality at the end of drying. The temperatures of 60°C and 40°C showed great difference in drying time, but humidity gradients very similar and quality of the final material as well. One can then suggest that it be 60°C for drying *Eucalyptus tereticornis* wood with gain in time and quality very close to that provided by low temperatures.

Keywords: Moisture content; drying rate; drying defects.

¹Recebido para análise em 15.05.2019. Aceito para publicação em 30.06.2019.

²Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências, Av. Roraima 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS,

³Autor para correspondência: Laura Hoffmann de Oliveira - laura-hoff@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas ganham cada vez mais destaque quando se trata de produtos madeireiros, em especial as do gênero *Eucalyptus*, as quais são amplamente implementadas no Brasil. Vidaurre et al. (2011) destacam que, embora renovável, as florestas plantadas, sejam de quaisquer espécie, são um recurso finito que requer uma utilização racional embasada no princípio do rendimento sustentável. Para tal, torna-se imperativo o conhecimento das propriedades tecnológicas da matéria-prima, madeira, principalmente do processo de secagem o qual agrega valor e qualidade ao material, para que então se torne exequível o rendimento sustentável supracitado.

É sabido que o processo de secagem da madeira é indispensável quando se busca qualidade em produtos manufaturados madeireiros, isso porque de acordo com Batista et al. (2015) a mesma promove benefícios ao material, tanto na facilidade de trabalhabilidade em geral, quanto na redução do risco de ataque de agentes xilófagos.

De maneira geral, quando se trata da secagem da madeira de *Eucalyptus* spp. essa deve ser conduzida de forma criteriosa, com a aplicação de programas de secagem que não sejam severos, caso contrário é inevitável a grande propensão a defeitos, como o desenvolvimento de colapso, rachaduras, empenamentos e demais defeitos de secagem. Em função disso, os métodos a baixas temperaturas são os mais indicados, principalmente durante a fase de secagem, acima do ponto de saturação das fibras (SILVA, 2001).

Segundo Alvarado et al. (2003), o *Eucalyptus tereticornis* Smith pode alcançar até 45,0m de altura e de 1 a 2 m de diâmetro. Desenvolve-se melhor em solos profundos, bem drenados, neutros ou ligeiramente ácidos, aclimatando-se, principalmente, onde a precipitação anual é de 800 a 1.500 mm, com a temperatura média das máximas entre 22 e 32°C e altitude até 1.000 m, podendo ser encontrada em maiores altitudes. Ainda os mesmos autores destacam que madeira de *E. tereticornis* é excelente para lenha e carvão, tendo poder calorífico próximo de 5.280 kcal kg⁻¹, com densidade básica variando de 0,57 a 1,10 g.cm⁻³, sendo utilizada para diversos fins, como serraria, estruturas, construções, postes, mourões, lenha, carvão e papel.

Diante disto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito do gradiente de umidade da madeira no desenvolvimento e intensidade de tensões durante a secagem de madeira de *Eucalyptus tereticornis* conduzida em estufa convencional sob três diferentes temperaturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para a realização do trabalho foi cedido pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – Centro de Pesquisa em Recursos Florestais - FEPAGRO FLORESTAS, localizado no Distrito da Boca do Monte em Santa Maria, RS. Foram selecionadas, de modo aleatório, árvores adultas, com 15 anos de idade, de bom fuste, com grã reta e Diâmetro Altura do Peito - DAP médio de 35 cm. Foram abatidas seis árvores das quais foram retiradas as duas primeiras toras, com 3 m de comprimento.

Para a realização do ensaio de secagem foram utilizados 15 corpos de prova com dimensões de 4 x 12x 70 cm³, retirados das toras seccionadas. As madeiras de *Eucalyptus tereticornis* foram submetidas a três temperaturas de secagem, 75°C, 60°C e 40°C, em estufa elétrica de laboratório, com dimensões internas de 0,8 x 0,6 x 1,0 m de largura, profundidade e altura, respectivamente, dotada de circulação de ar e controle termostático de temperatura. Para a verificação da umidade da madeira, foram utilizadas oito amostras de controle de secagem em cada temperatura, componentes da pilha respectivamente.

Antes da secagem da madeira, o teor de umidade inicial de cada amostra foi calculado por meio da média aritmética das duas seções (B) (Figura 1) onde as amostras úmidas foram submetidas à secagem em estufa a 103°C ± 2 até massa constante. O teor de umidade de cada seção foi determinado pela Equação (1) abaixo de acordo com o sugerido por Galvão e Jankowsky (1985).

$$TU = \frac{PU-PS}{PS} \times 100 \quad (1)$$

Em que: TU = Teor de Umidade (%); PU = Peso Úmido da seção (g); Ps: Peso seco da seção (g).

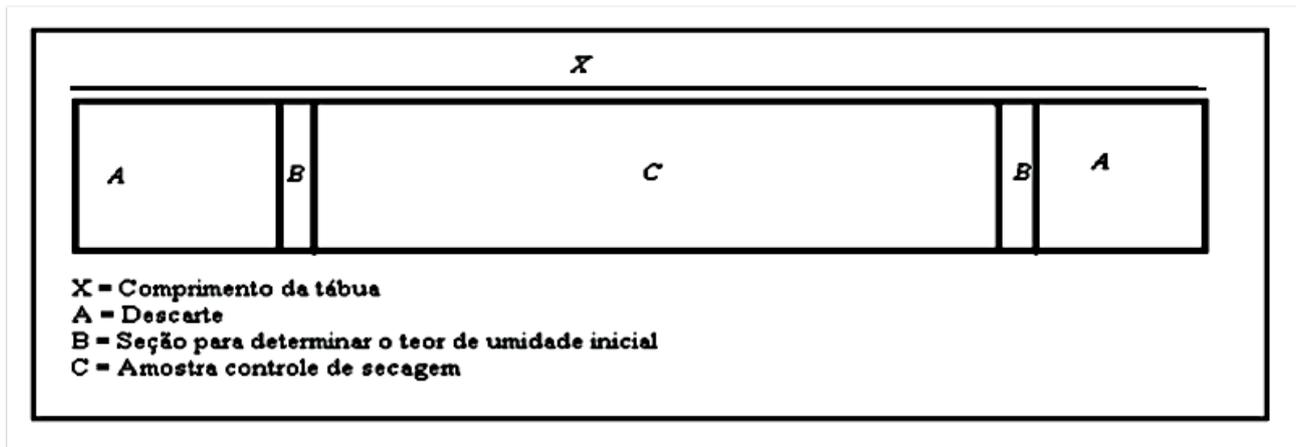


Figura 1. Metodologia adotada para a confecção das amostras controle de secagem.

Figure 1. Methodology used for the preparation of drying control samples.

Os corpos de prova controle foram imediatamente pesados em balança de precisão de 0,01g para a obtenção do peso inicial. Posteriormente, os corpos de prova foram dispostos em sala de climatização. O teor de umidade das amostras foi monitorado por meio da Equação (2) abaixo, a umidade final desejada foi de 12 %.

$$T_{ua} = \frac{P_a(T_{ui}+100)}{P_i} - 100 \quad (2)$$

Em que: T_{ua} = Teor de umidade atual (%); P_a = Peso atual da amostra (g); P_i = Peso úmido da amostra (g); T_{ui} = Teor de umidade inicial (%).

Para a determinação da taxa de secagem, Equação (3) descrita por Santini (1980), a massa úmida inicial das amostras foi obtida em balança digital de precisão igual a 0,01 g, enquanto as dimensões iniciais (largura, espessura e comprimento) foram obtidas com paquímetro digital, com precisão de 0,01mm. Durante o ensaio de taxa de secagem acompanhou-se a perda de massa dos corpos de prova, em balança digital.

$$T_s = \frac{Q_{ae}}{A_e \times T} \quad (3)$$

Em que: T_s = Taxa de secagem ($g \cdot cm^{-2} \cdot h$); Q_{ae} = Quantidade de água evaporada (g); A_e = Área superficial da peça (cm^2); T = Tempo de secagem decorrido (horas).

A avaliação da secagem foi feita de acordo com a ocorrência de defeitos, umidade final, gradiente de umidade e tensões de secagem. Estas avaliações foram feitas decorridas 24 horas do término da fase de resfriamento das cargas de secagem, conforme recomendado por Galvão e Jankowsky (1985). Os defeitos avaliados foram: rachaduras de superfície e de topo e classificados como presente ou ausente, utilizando-se 100% das amostras de acordo com o proposto por Brandão (1989) (Tabela 1). Adicionalmente foram calculados os Índices de Rachadura de Superfície - IRS e de Topo - IRT de acordo com o proposto por Rocha (2000). Os empenamentos não foram avaliados devido ao comprimento e largura reduzida das amostras.

Após a secagem, de cada tábua avaliada cortaram-se três corpos de prova A, B e C, com 25 mm cada. A peça A foi utilizada para a determinação da umidade final, de acordo com a Equação (1). Já a peça B foi utilizada para a avaliação do gradiente de umidade, sendo desdobrada novamente em três corpos de prova. Os corpos de prova A1 e A2 foram utilizados para a determinação da umidade da superfície das tábuas, enquanto o B foi utilizado para a determinação da umidade no centro das mesmas, de acordo com a Equação (1). Calcularam-se dois gradientes de umidade, entre o corpo de prova B e A1 e entre B e A2, de acordo com as Equações (4) e (5).

$$G_1 = UB - UA_1 \quad (4)$$

$$G_2 = UB - UA_2 \quad (5)$$

Em que: G_1 = Gradiente de umidade 1 (%); G_2 = Gradiente de umidade 2 (%); UB = Umidade no interior da tábua (%); UA_1 = Umidade na superfície 1 da tábua (%); UA_2 = Umidade na superfície 2 da tábua (%).

A peça C foi utilizada para a avaliação da presença de tensões de secagem, de acordo com o teste do garfo. Conforme a Figura 2, pode-se observar o modelo da avaliação deste teste. Desta forma, as tábuas foram classificadas de acordo com o sugerido por Galvão e Jankowsky (1985).

Na Tabela 1 encontram-se os critérios utilizados para comparar a secagem realizada neste

trabalho quanto à duração do tempo de secagem e incidência de defeitos. Adicionalmente, foi verificada a massa específica aparente das madeiras de acordo com os requisitos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7190/97.

A análise dos diferentes parâmetros aferidos deu-se por meio do Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC, utilizou-se a análise de variância (teste F a 5% de significância), e nos casos em que a hipótese da nulidade foi rejeitada, aplicou-se o teste de Tukey (5% de significância) para a diferenciação das médias.

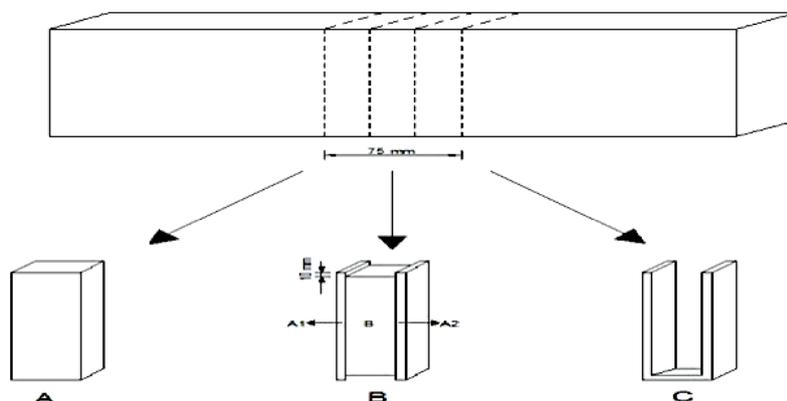


Figura 2. Corpos de prova utilizados na avaliação da umidade final, gradiente de umidade e tensões de secagem na madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos. Adaptado de Galvão e Jankowsky (1985). Sem escala.

Figure 2. Specimens used in final moisture evaluation, moisture gradient and drying stresses in 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood. Adapted from Galvão and Jankowsky (1985). No scale.

Tabela 1. Critérios utilizados para a classificação da duração e incidência de defeitos de secagem na madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos.

Table 1. Criteria used for classification of drying duration and incidence of drying defects in 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood

Tempo de secagem (h)	Classificação	Porcentagem de amostras com defeitos (%)	Classificação
Menos que 96	Muito rápida	0-10	Ausente
96-192	Rápida	11-30	Pequena
192,1-288	Moderadamente rápida	31-50	Moderada
288,1-384	Moderadamente lenta	51-100	Grande
384,1-480	Lenta	-	-
Mais que 480	Muito lenta	-	-

*Classificação feita por Brandão (1984).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, é possível visualizar os resultados da secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* nas diferentes temperaturas empregadas e a massa específica aparente dos materiais. De acordo com a classificação feita por Brandão (1984), a secagem da madeira utilizando a temperatura de 75°C é considerada rápida, a 60°C moderadamente rápida e a 40°C muito lenta. Oliveira (1981) destaca que com relação às variáveis do processo, a elevação da temperatura contribui para o aumento de velocidade de remoção da água, tanto para os mecanismos de difusão, quanto para a movimentação de água capilar, porém, temperaturas muito elevadas podem causar maior degradação no material. Este comportamento foi verificado no presente estudo, onde a velocidade de secagem do material foi maior na maior temperatura empregada.

Stangerlin et al. (2009) ao submeterem à secagem ao ar livre e em estufa solar as madeiras de *Eucalyptus tereticornis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna*, verificaram maior dificuldade na secagem de *E. tereticornis* em detrimento das demais em estudo. Este resultado corrobora com a presente pesquisa, na qual a madeira de *E. tereticornis* também apresentou dificuldade de secagem, os autores supracitados atribuíram este resultado a elevada massa específica verificada (0,90 g.cm⁻³), sendo esta semelhante à apresentada neste estudo (0,89 g.cm⁻³). Já Delucis et al. (2014), verificaram massa específica básica para madeira de lenho adulto e juvenil de *E. tereticornis* de 0,76 e 0,67 g.cm⁻³, respectivamente. Para Batista et al. (2015), a densidade se correlaciona diretamente com as demais propriedades físicas da madeira. Porém, o conhecimento de um maior número de características do comportamento de secagem das espécies levará a tomada de decisões mais acertadas.

Tabela 2. Teor de umidade inicial (Tui) e final (Tuf) dos corpos de prova, Massa específica aparente (Mea) e Tempo decorrido (Td) na madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos.

Table 2. Initial and final moisture content of specimens, apparent specific mass and elapsed time in 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood.

Temperatura	Tui média (%)	Tuf média (%)	Td (h)	Mea (g.cm-3)
75°C	65,53	11,5	120	0,89
60°C	67,61	12,14	252	0,89
40°C	68,16	13,04	492	0,89
Média	67,1	12,22	288	0,89

Na Figura 3 são apresentadas as curvas características de secagem para o material em estudo nas diferentes temperaturas empregadas. Visualiza-se que, as curvas de secagem não apresentam região ou fase em que a taxa de secagem é constante, mesmo com teores de umidade acima do PSF, caracterizando as madeiras como impermeáveis, resultados semelhantes foram reportados por Rezende et al. (2015), em estudos de secagem por vaporização em *E. grandis*. Ainda, Santos et al. (2003), afirmam que a permeabilidade reduzida implica na necessidade de uma secagem lenta e no desenvolvimento, durante o processo, de gradientes de umidade acima do normal.

Simpson (1991) cita que a rapidez da secagem está relacionada com gradiente de umidade, este cresce à medida que a secagem decorre com o tempo,

diminuindo também a velocidade da secagem, ou seja, a secagem se dá com maior velocidade nas primeiras horas, com a retirada da água livre, e tende a diminuir progressivamente à medida que a água de impregnação começa a se movimentar para fora da madeira. Já autores como Martins (1988) e Ponce e Watai (1985) comentam, que geralmente as madeiras mais densas requerem mais tempo para secar e tendem a apresentar maiores defeitos.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de taxa de secagem acima do Ponto de Saturação das Fibras - PSF e abaixo, até o teor de umidade desejado de 12%. As taxas de secagem nos diferentes tratamentos diferiram entre si, sendo as maiores, tanto acima quanto abaixo do PSF, apresentadas na temperatura de 75°C, seguidas da de 60°C e 40°C.

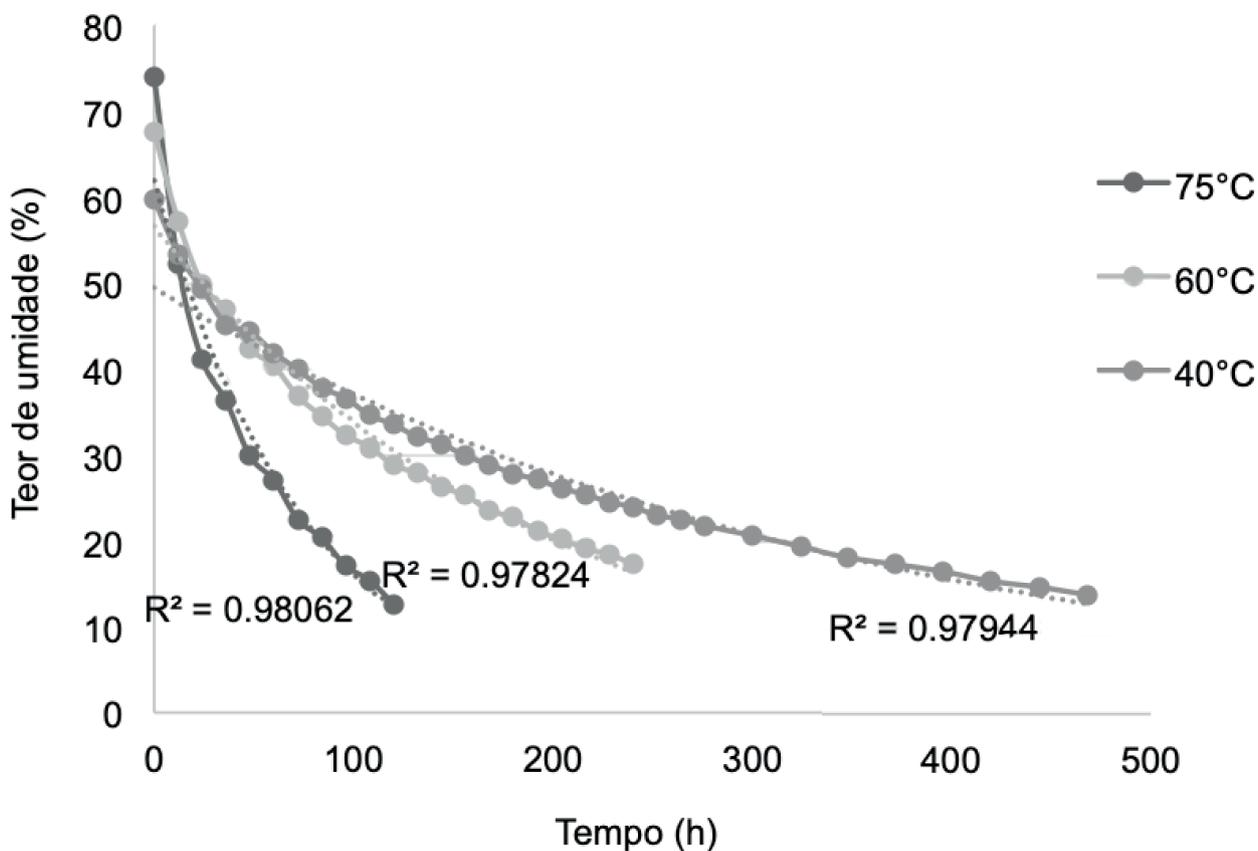


Figura 3. Curvas de secagem das amostras de madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos em função do teor de umidade inicial e tempo decorrido em horas nas diferentes temperaturas de secagem.

Figure 3. Drying curves of 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood as a function of the initial moisture content and time elapsed in hours at the different drying temperatures.

Os resultados obtidos para a taxa de secagem encontram-se em concordância com aqueles obtidos por Ciniglio (1998) e Andrade et al. (2001).

Klitzke e Batista (2010) obtiveram taxa de secagem de 0,0332 g.cm⁻².h para os intervalos desde a condição verde até 30% com teor de umidade inicial de 63,49% utilizando 100°C na secagem convencional da madeira de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. Barbosa et al. (2005) também em ensaio de secagem drástica, de dez clones de híbridos de *Eucalyptus* verificaram taxa média de secagem desde o teor de umidade inicial (102,4%) até 30% de 0,0337 g.cm⁻².h e a partir dessa faixa até 5% de umidade de 0,0082 g.cm⁻².h.

Estes valores de taxa de secagem verificados pelos autores supracitados são maiores que os obtidos pelo presente estudo, porém esses resultados podem ser explicados pela diferença de espessura das peças, temperaturas utilizadas e espécies.

É sabido que a espessura das peças influencia no processo de secagem, pois o mesmo implica também no aumento da proporção entre a massa de água a ser retirada e a superfície de evaporação, tornando o processo mais lento e incorrendo em maior tendência a incidência de defeitos de secagem. Corroborando Tomaselli (1980) salienta que a velocidade de secagem é inversamente proporcional a espessura das tábuas.

Tabela 3. Taxas de secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos em diferentes temperaturas.

Table 3. Drying rates of 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood at the different drying temperatures.

Temperatura	Taxa de secagem (g.cm ⁻² .h)	
	U > 30%	U < 30%
75 °C	0,00973 a (11,80)	0,00151 a (12,33)
60 °C	0,00320 b (17,64)	0,00054 b (4,35)
40 °C	0,00196 c (15,76)	0,00036 c (14,24)

U = Umidade da madeira. Letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias nas colunas. Entre parênteses CV(%) = Coeficiente de Variação.

Na Tabela 4 encontram-se as médias do gradiente de umidade, das madeiras de *Eucalyptus tereticornis*, submetidas à secagem nas diferentes temperaturas avaliadas e o tipo de tensões de secagem desenvolvido durante o processo. Para este estudo não foi verificado o tensionamento do tipo invertido, sendo assim, optou-se por avaliar as peças tensionadas em leve e forte. Os autores Batista et al. (2015) também verificaram tal comportamento durante secagem conjunta de três espécies de *Eucalyptus*.

Os maiores gradientes de umidade, ou seja, maior diferença percentual da umidade da superfície das peças e de seu interior, foram verificados para as amostras submetidas à secagem de maior temperatura (75°C), seguidas das demais, porém sem diferenciar-se estatisticamente entre si. Batista et al. (2015)

observaram que o gradiente de umidade tem relação direta com as tensões de secagem, no qual quanto maior o gradiente, maior a incidência de tensões de secagem, para este estudo também foi verificado tal comportamento. As madeiras submetidas à secagem na maior temperatura apresentaram maiores gradientes de umidade e maior porcentagem de tensões fortes presentes.

Ainda, os autores supracitados, conduzindo a secagem de três espécies de eucaliptos, verificaram maior ocorrência de tensões do tipo leve em duas das espécies e para *Eucalyptus dunnii* maior ocorrência de tensões do tipo forte. Pode-se sugerir a partir destes dados, do estudo citado e do presente, que talvez a secagem conjunta de *E. dunnii* e *E. tereticornis* seja viável, já que as duas espécies apresentaram dificuldades de secagem, altos gradientes de umidade e forte ocorrência de tensionamento.

Tabela 4. Médias dos gradientes de umidade e tensões de secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos em diferentes temperaturas.

Table 4. Means of moisture gradients and drying tensions of 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood at the different drying temperatures.

Temperatura	Gradiente de umidade (%)				Tensões de secagem (%)	
	1		2		Leve	Forte
60°C	5,20	aA	5,75	aA	20	80
40°C	2,73	aA	3,40	aA	33,33	66,66
Média	2,21	aA	2,37	aA	40	60

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula, em uma mesma coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, em uma mesma linha, não diferem entre si de acordo com o teste t a 5% de significância.

Já Stangerlin et al. (2009) não observou tensões de secagem para madeira de *E. tereticornis*, *E. saligna* e *C. citriodora*, na secagem ao ar livre, provavelmente pela baixa velocidade de secagem empregada e pelo teor de umidade final estar em média com 23%, muito próximo ainda do PSF, não sendo suficiente para causar tensões internas na madeira.

Souza et al. (2012) em estudo sobre a influência da secagem ao ar livre e convencional na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* verificaram índices médios de rachaduras de topo em tábuas de 15,01 e 23,7%, respectivamente, resultados inferiores aos apresentados neste estudo. Stangerlin et

al. (2009), durante processo de secagem de *Eucalyptus tereticornis* ao ar livre e em estufa solar, verificaram que 18,18 e 12,73% das amostras apresentaram rachaduras de topo em tábuas e 58,18 e 67,27% de rachaduras de superfície, estes valores são menores do que os verificados no presente estudo, esta discrepância pode ser explicada devido a utilização de temperaturas maiores no presente estudo.

Na Tabela 5 encontram-se a porcentagem dos tipos de rachadura, Índices de Rachadura de Topo - IRT bem como as Rachaduras de Superfície - IRS da madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos em diferentes temperaturas.

Tabela 5. Porcentagem dos tipos de rachadura e Índices de Rachadura de Topo - IRT e Superfícies - IRS da madeira de *Eucalyptus tereticornis* aos 15 anos em diferentes temperaturas.

Table 5. Percentage of *Eucalyptus tereticornis* samples with drying defects and top crack - IRT and surface indexes - IRS of 15-year-old *Eucalyptus tereticornis* wood at the different drying temperatures.

Temperatura	Rachaduras de topo (%)	Rachaduras de superfície (%)	IRT (%)	IRS (%)
75 °C	80 (grande)	8,23 (ausente)	46,94	3,03
60 °C	46,66 (moderada)	4,02 (ausente)	35,39	0,56
40 °C	40 (moderada)	0,00 (ausente)	25,63	0,00

Entre parênteses classificação da incidência de defeitos.

De modo geral, as maiores ocorrências de rachaduras de topo e superfície resultaram do uso de temperaturas elevadas, sendo que as peças secas a 75°C apresentaram maior incidência seguida das demais. Denning et al. (2000) complementam que as rachaduras de superfície são resultantes da presença de gradientes de umidade, ocorrendo quando as tensões que excedem a resistência da madeira à tração perpendicular às fibras. Porém, as rachaduras de superfície não causaram grandes prejuízos na qualidade da madeira, em virtude das dimensões reduzidas das mesmas, podendo aproveitar a madeira normalmente.

É importante salientar que a ocorrência dos empenamentos está ligada também a fatores como dimensões das peças, tipo de corte e grã da madeira e forma de empilhamento, conforme frisam Oliveira (1981) e Ponce e Watai (1985).

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se:

A temperatura de 75°C proporcionou menor tempo de secagem, porém, maiores gradientes de umidade, maiores tensões e menor qualidade da madeira ao final da secagem, no que se refere a rachaduras.

As temperaturas de 60° e 40°C apresentaram grande diferença no tempo de secagem, porém gradientes de umidade muito semelhantes, incidência de rachaduras e a qualidade do material final também. Pode-se então, sugerir que seja utilizada a temperatura de 60°C para a secagem da madeira de *Eucalyptus tereticornis* com ganho de tempo e ocorrência de rachaduras muito próxima à proporcionada por baixas temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, C. R.; ALVARADO, C. A.; MENDOZA, O.O. *Eucalyptus tereticornis* Sm: **Part II-Species Descriptions. Tropical Tree Seed Manual**. 2003. p.470-472.
- ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I.P.; DUCATTI, M.A. Grupo de madeiras para secagem convencional. **Scientia Florestalis**, n. 59, p. 89-99, jun. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- BARBOSA, C. G. et al. Elaboração de programa de secagem para madeiras de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 40-48, 2005.
- BATISTA, D.C.; KLITZKE, R.J.; ROCHA, M.P. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, v. 25, n.3, p. 711-719, 2015.
- BRANDÃO, A. de O. **Determinação de metodologia para a identificação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla***. 1998. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DELUCIS, R. A. et al. Propriedades Físicas da Madeira Termorretificada de Quatro Folhosas. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 99-107, 2014.
- DENIG, J.; WENGERT, E.M.; SIMPSON, W.T. **Drying hardwood lumber**. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–118. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2000. 138 p.
- GALVÃO, A. P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.
- KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade de secagem convencional da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**, v. 38, n. 85, p. 97-105, mar. 2010.
- MARTINS, V.A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF, 1988. 56p.
- OLIVEIRA, L. C. S. **Perguntas e respostas em secagem de madeiras**. São Paulo: IPT, 1981. 36p.

PONCE, R.M.; WATAI, L.T. **Manual de secagem de madeira**. Brasília: MIC/STI/IPT, 1985. 70 p. (Série Documentos, 22).

REZENDE, R. N. et al. Efeito da vaporização na secagem de tábuas de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 37-43, 2015.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. 185 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTINI, E. J. **Influência de temperatura na taxa de secagem e contração da madeira de *Pinus elliottii* proveniente de plantios de rápido crescimento**. Curitiba: FUPEF, 15p. (Série Técnica, 5), 1980.

SANTOS, G. R. V.; JANKOWSKY, I. P.; ANDRADE, A. Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 214-220, 2003.

SILVA, J. C. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, Edição especial, 2001. 114 p.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual**. **Madison**: U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, 1991. 274 p.

SOUZA, J.T. et al. Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes 167 e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 167-174, jan./mar. 2012.

STANGERLIN, D. M. et al. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 461-472, out/dez. 2009.

TOMASELLI, I. **Secagem de madeira**. Curitiba: FUPEF, 1980. 29 p.

VIDAURRE, G. et al. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 469-480, out./dez. 2011.

THE IMPORTANCE OF SAMPLING ANTHROPIZED AREAS OF ATLANTIC FOREST FOR NEW RECORDS OF WOODY SPECIES¹
(SCIENTIFIC NOTE)

A IMPORTÂNCIA DE AMOSTRAR ÁREAS ANTROPIZADAS DE MATA ATLÂNTICA PARA NOVOS REGISTROS DE ESPÉCIES LENHOSAS
(NOTA CIENTÍFICA)

Lucas Costa Monteiro LOPES^{2,5}; Thiago Azevedo AMORIM³; Laís Barbalioli MACEDO⁴;
Bruno Henrique Pimentel ROSADO²

ABSTRACT - Phytosociological studies are important for the knowledge of biodiversity patterns and help to elucidate of distribution and abundance of species. We aimed to quantify the wood component in areas that had evident anthropic impacts and presence of exotic and invasive species in Ilha Grande, Rio de Janeiro State, Brazil. The shrubby-tree component with Diameter at Breast Height - DBH \geq 5cm was quantified by means of 16 circular plots with 15m radius, of which eight with presence of invasive species *Artocarpus heterophyllus* Lam. Were identified 19 new occurrences for Ilha Grande-RJ and two endemic species to the Rio de Janeiro State. We concluded the necessity of quantitative studies in anthropized areas, because these also can conserve biodiversity and are neglected in floristic and phytosociological studies.

Keywords: *Artocarpus heterophyllus*; biological invasion; endemic species; exotic invasive species.

RESUMO - Estudos fitossociológicos são importantes para o conhecimento dos padrões de biodiversidade e ajudam a elucidar a distribuição e abundância das espécies. Objetivamos quantificar o componente lenhoso em áreas que tiveram evidentes impactos antrópicos e presença de espécies exóticas e invasoras na Ilha Grande, estado do Rio de Janeiro, Brasil. O componente arbustivo-arbóreo com Diâmetro a Altura do Peito - DAP \geq 5cm foi quantificado por meio de 16 parcelas circulares com 15m de raio, das quais oito com presença da espécie invasora *Artocarpus heterophyllus* Lam. Foram identificadas 19 novas ocorrências para Ilha Grande-RJ e duas espécies endêmicas do estado do Rio de Janeiro. Concluímos a necessidade de estudos quantitativos em áreas antropizadas, pois estas também podem conservar a biodiversidade e são negligenciadas em estudos florísticos e fitossociológicos.

Palavras-chave: *Artocarpus heterophyllus*; Biologia da Invasão; espécies endêmicas; espécies exóticas invasoras.

¹Recebido para análise em 01.05.2018. Aceito para publicação em 29.01.2019.

² Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, CEP: 20550-900, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Departamento de Botânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, s/n, CEP:23890-000, Seropédica, RJ, Brasil.

⁴ Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, CEP: 20550-900, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁵ Autor para correspondência: Lucas Costa Monteiro Lopes - lucas.cml@hotmail.com

1 INTRODUCTION

In the current scenario of environmental changes where different models have been used to predict changes in patterns of distribution and abundance of species, the importance of phytosociological studies has become even more evident for the knowledge of biodiversity, pointing to areas of high endemism and new record of species (Assumpção and Nascimento, 2000; Martini et al., 2007; Lopes et al., 2015). In this sense, the Atlantic Rain Forest harbors a high biodiversity of plants in Brazil (Martini et al., 2007; Forzza et al., 2012). Factors such as the high geomorphological variation and climatic heterogeneity influence this high richness (Oliveira-Filho and Fontes, 2000; Scarano, 2002; Marques et al., 2016).

The Atlantic Rain Forest is considered one of the biodiversity hotspots, due the high endemism and habitat loss (Myers et al., 2000). The forest fragmentation and habitat loss are considered the major causes of species extinctions in Atlantic Forest (Ribeiro et al., 2009) and these impacts are associated with the human action of converting native forests into plantations, pasture and urban centers (Scarano and Ceotto, 2015). In this way, is important to preserve forests remnants, even with small area or area with high human interference (Hobbs et al., 2006; Scarano, 2006), since these fragments can serve as shelter and dispersion for plants and animals, including endangered species (Scarano, 2006).

Therefore, quantitative research in anthropized areas can provide excellent information about patterns of species distribution, local biodiversity and the conservation at landscape level. We aimed to quantify the shrubby-tree component in area with human disturbance in order to verify the contribution of these areas for biodiversity conservation.

2 MATERIAL AND METHODS

The study area is located in Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro State, Brazil. Ilha Grande is part of Green Coast of the Atlantic Forest (Alves et al., 2016) and expressive richness is recorded for different biological groups (Esbérard et al., 2009; Callado et al., 2009; Rocha et al., 2009).

The study area have a high density of exotic species (23°10'59.33" – 23°11'15.38"S, 44°10'25.1"– 44°12'4.88"W), which jackfruit tree (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) is the dominant invasive species (Bergallo et al., 2016).

We allocated 16 circle plots with 15m of radius (706 m² per plot, about 1.13 ha in total). Eight plots were located in areas with jackfruit tree and eight in areas without jackfruit trees. We quantified all shrubby-tree individuals with Diameter at Breast Height - DBH ≥ 5 cm. The individuals sampled were identified at the lowest possible taxonomic level by the authors previous knowledge about plant species and by comparisons at the Herbarium Dimitri Sucre of the Rio de Janeiro Botanical Garden and at the Herbarium of the State University of Rio de Janeiro and plant taxonomists (see acknowledgments). The species listed in this study were verified in previous surveys published for Ilha Grande (Araujo and Oliveira, 1988; Oliveira, 2002; Callado et al., 2009) and the Jabot online database, which belongs to the Rio de Janeiro Botanical Garden (JABOT, 2017).

The correct plant name spelling, species authorship, life form, threat status and occurrence record of each species for each Brazilian state was obtained from the "List of Flora of Brasil" (Forzza et al., 2017). We accessed the information using the package flora (Carvalho, 2017) in software R version 3.2.2 (R CORE TEAM, 2015).

3 RESULTS

We found 19 new records for Ilha Grande (Table 1). Only one new species report remained at genus level (*Ruprechtia* sp. - Polygonaceae). Fabaceae and Myrtaceae were the families with higher species richness, each one with four species.

Couratari pyramidata (Vell.) Kunth is rare, endemic for Rio de Janeiro state and considered endangered according IUCN (Smith et al., 2016). We sampled one individual of this species in the area dominated for *Artocarpus heterophyllus*. *Pseudopiptadenia inaequalis* (Benth.) Rauschert is also endemic for Rio de Janeiro state (Morim, 2015) and we recorded only one individual of this species. The other species quantified had records in at least two Brazilian States (Table 1).

Table 1. List of shrubby-tree species with first record collected in anthropic area in Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brazil. Life forms, threat status (according IUCN) and occurrence in Brazilian states. Brazilian states acronyms: Acre – AC; Alagoas – AL; Amapá – AP; Amazonas – AM; Bahia – BA; Ceará – CE; Distrito Federal – DF; Espírito Santo – ES; Goiás – GO; Maranhão – MA; Mato Grosso – MT; Mato Grosso do Sul – MS; Minas Gerais – MG; Pará – PA; Paraíba – PB; Paraná – PR; Pernambuco – PE; Piauí – PI; Rio de Janeiro – RJ; Rio Grande do Norte – RN; Rio Grande do Sul – RS; Rondônia – RO; Roraima – RR; Santa Catarina – SC; São Paulo – SP; Sergipe – SE; Tocantins – TO. NA – not available; EN – endangered; LC – least concern; VU – vulnerable.

Tabela 1. Lista de primeiros registros de espécies arbustivo-arbóreas reconhecidas em área antrópica na Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil. Formas de vida, estado de ameaça (segundo IUCN) e a ocorrência nos Estados Brasileiros. Acrônimos de estados Brasileiros: Acre – AC; Alagoas – AL; Amapá – AP; Amazonas – AM; Bahia – BA; Ceará – CE; Distrito Federal – DF; Espírito Santo – ES; Goiás – GO; Maranhão – MA; Mato Grosso – MT; Mato Grosso do Sul – MS; Minas Gerais – MG; Pará – PA; Paraíba – PB; Paraná – PR; Pernambuco – PE; Piauí – PI; Rio de Janeiro – RJ; Rio Grande do Norte – RN; Rio Grande do Sul – RS; Rondônia – RO; Roraima – RR; Santa Catarina – SC; São Paulo – SP; Sergipe – SE; Tocantins – TO. NA – não disponível; EN – em perigo de extinção; LC – menor preocupação; VU – vulnerável.

Family	Species	Life form	Threat status	Occurrence
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	Tree	LC	BA, ES, MG, MS, PE, PR, RJ, RS, SC, SP
Aquifoliaceae	<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	Tree	NA	GO, MG, MS, MT, RJ, SP
Asteraceae	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	Tree	NA	BA, DF, ES, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Tree	NA	AL, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RS, SC, SP, TO
Clusiaceae	<i>Tovomita leucantha</i> (Schltdl.) Planch. & Triana	Tree	NA	ES, MG, RJ
Euphorbiaceae	<i>Caryodendron janeirensense</i> Müll. Arg.	Tree	NA	RJ, SP
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Tree	NA	AL, BA, CE, DF, ES, GO, MG, MS, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RS, SC, SE, SP
Fabaceae	<i>Andira ormosioides</i> Benth.	Tree	NA	BA, ES, MG, PE, RJ, SP
Fabaceae	<i>Pseudopiptadenia inaequalis</i> (Benth.) Rauschert	Tree	NA	RJ
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Shrub, Tree	NA	AL, AM, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PI, PR, RJ, SE, SP
Lecythidaceae	<i>Couratari pyramidata</i> (Vell.) Kunth	Tree	EN	RJ
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Tree	VU	AC, AL, AM, AP, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RJ, RO, SC, SE, SP
Myrtaceae	<i>Campomanesia schlechtendaliana</i> (O. Berg) Nied.	Tree	LC	BA, ES, MG, PR, RJ, SP

continua
to be continued

continuação - Tabela 1
 continuation - Table 1

Family	Species	Life form	Threat status	Occurrence
Myrtaceae	<i>Eugenia speciosa</i> Cambess.	Tree	NA	MG, PR, RJ, RS, SC, SP
Myrtaceae	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Shrub, Tree	NA	AC, AL, AM, AP, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RO, RR, SE, SP, TO
Myrtaceae	<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	Tree	LC	BA, ES, MG, PR, RJ, RS, SC, SP
Polygonaceae	<i>Ruprechtia</i> sp.	Tree	NA	NA
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tree	NA	AC, AL, AM, AP, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RO, RR, RS, SC, SE, SP, TO
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Tree	NA	AL, BA, CE, ES, MA, MG, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RS, SC, SE, SP

4 DISCUSSION

Our findings highlights the importance of quantitative studies, even in anthropic areas, because we found 19 new species records. One recent survey also reported new records of birds to the Ilha Grande (Alves et al., 2016). Endemic species of Rio de Janeiro state were also recorded. This fact reinforces the importance of conserving the anthropized areas, because even the community composition altered by exotic species, these areas can possess rare species and provide maintenance of many ecosystems services (D'Antonio and Meyerson, 2002; Lugo, 2004).

In a check list of the Brazilian plants, Zappi et al. (2015) registered 2167 species in anthropized areas. This reinforces the importance of these areas for increasing information of species distribution, their extinction risk and consequently contributes for biological conservation initiatives and management. Moreover, the importance of a list of exotic and invasive species (*sensu* Richardson et al., 2000) has been pointed out by other national and international studies (Pyšek et al., 2004; Moro et al., 2012) and may be fundamental to conservation policy. In addition, quantifying the native species that coexist with the exotic species can bring information of

the possible impact of the biological invasion in community, since the works about this subject still are with few empirical data (Scarano, 2006).

Therefore, we conclude that phytosociological studies in anthropized areas are important for the knowledge of biodiversity and can be useful to evaluating possible environmental impacts, as well as in public policy related the management of these areas.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil - Finance Code 001 and we thanks the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ for financial support (APQ1 2014/01; 111.208/2014). We thank following plant taxonomists who helped us on species' identification: Dr. Marcelo C. Souza (Myrtaceae), MSc. Davi Nepomuceno (Fabaceae) and MSc. Michel Ribeiro (Lecythidaceae). We thank the team from Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável - CEADS - UERJ for providing logistic support and the Instituto Estadual do Ambiente - INEA/RJ (INEA 032/2014).

REFERENCES

- ALVES, M.A.S. et al. New records of bird species from Ilha Grande, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Check List**, v. 12, n. 6, p. 1-11, 2016.
- ARAUJO, D.S.D.; OLIVEIRA, R.R. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro): Lista Preliminar da Flora. **Acta Botanica Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 83-94, 1988.
- ASSUMPTÃO, J.; NASCIMENTO, M.T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasileira**, v.14, n. 3, p. 301-315, 2000.
- BERGALLO, H.G. et al. Invasion by *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae) in an island in the Atlantic Forest Biome, Brazil: distribution at the landscape level, density and need for control. **Journal of Coastal Conservation**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2016.
- CALLADO, C.H. et al. Flora e Cobertura Vegetal. In: BASTOS, M. et al. (Ed.). **O Ambiente da Ilha Grande**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável - CEADS, 2009. p. 91-162.
- CARVALHO, C. Flora: **Tools for Interacting with the Brazilian Flora 2020**. R package version 0.2.8. <http://CRAN.R-project.org/package=flora>. 2017.
- D'ANTONIO, C.; MEYERSON, L. Exotic Plant Species as Problems and Solutions in Ecological Restoration: A Synthesis. **Restoration Ecology**, v. 10, n. 4, p. 703–713, 2002.
- ESBÉRARD, C.E.L. et al. Morcegos da Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 8, n. 2, p. 147-153, 2009.
- FORZZA, R.C. et al. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012.
- _____. et al. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/>>. Accessed in: 30 jan. 2017.
- HOBBS, R.J. et al. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, p. 1-7, 2006.
- JABOT - Banco de Dados da Flora Brasileira. JBRJ - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <http://www.jbrj.gov.br/jabot>>. Accessed in: 26 jan 2017.
- LOPES, L.C.M.; MARIANO-NETO, E.; AMORIM, A.M.A. Estrutura e composição florística da comunidade lenhosa do sub-bosque em uma floresta Tropical no Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 37, n. 4, p. 361-391, 2015.
- LUGO, A.E. The outcome of alien tree invasions in Puerto Rico. **Frontier Ecology Environment**, v. 2, n. 5, p. 265–273, 2004.
- MARQUES, M.C.M. et al. Mata Atlântica – O Desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. In: PEIXOTO, A.L. et al. (Ed.). **Conhecendo a Biodiversidade**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, Inovações e Comunicações: Editora Vozes, 2016. p. 50-67.
- MARTINI, A.M.Z. et al. A hot-point within a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 11, p. 3111-3128, 2007.

- MORIM, M.P. **Pseudopiptadenia**. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23130>>. Accessed in: 26 jan 2017.
- MORO, M.F. et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 991-999. 2012.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- OLIVEIRA, R.R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguesia**, v. 53, n. 82, p. 33-58, 2002.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in south-eastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.
- PYŠEK, P. et al. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. 2004. **Taxon**, v. 53, p. 131-143, 2004.
- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>> 2015.
- 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.
- RICHARDSON, D.M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distribution**, v. 6, n. 2, p. 93-107, 2000.
- ROCHA, C.F.D. et al. A Fauna de ambientes anteriores. In: BASTOS, M. et al. (Ed.). **O Ambiente da Ilha Grande**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável - CEADS, 2009. p. 163-246.
- SCARANO, F.R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, p. 517-524, 2002.
- _____. Prioridades para Conservação: a linha tênue que separa teorias e dogmas. In: ROCHA, C.F.D. et al. (Ed.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos: Editora RIMA, 2006. p. 299-313.
- _____.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, p. 2319–2331, 2015.
- SMITH, N.P. et al. Conservation assessment of Lecythidaceae from eastern Brazil. **Kew Bulletin**, v. 71, n. 1, p. 1-19, 2016.
- ZAPPI, D.C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Secretaria de
Infraestrutura e Meio Ambiente