

ISSN Online 2178-5031

Revista do

INSTITUTO
FLORESTAL

v.31 n. 2 dez. 2019

v.31 n. 2

v.31

Revista do Instituto Florestal

v. 31 n. 2 p. 93 - 162 dez. 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. 2 p. 93 - 162 dez. 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(1-2)
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

Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI – UNICAMP

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Isabele Sarzi Falchi
Instituto Biológico

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal (aposentada)

Paulo Andreetto de Muzio
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas (aposentada)

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

Edgar Fernando de Luca
Instituto Florestal

Eduardo Luiz Longui
Instituto Florestal

Eliane Cristina Sampaio de Freitas
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Elisa Serra Negra Vieira
EMBRAPA Florestas

Ezer Dias de Oliveira Jr.
Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva

Gustavo Henrique Gravatim Costa
Universidade do Estado de Minas Gerais

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

Júlia Sonsin-Oliveira
Universidade de Brasília

Mário Jorge Campos dos Santos
Universidade Federal de Sergipe

Naisy Silva Soares
Universidade Estadual de Santa Cruz

Richardson Barbosa Gomes da Silva
*Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho - campus Botucatu*

Soraia de Fátima Ramos
Instituto de Economia Agrícola

Valderes Aparecida de Sousa
EMBRAPA Florestas

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Caracterização de um quintal agroflorestral no município de Cruzeiro do Sul, AC. Characterization of an agroforestry yard in Cruzeiro do Sul, AC. Jozângelo Fernandes da CRUZ; Edivaldo Bezerra de SOUZA; Maria Vânia Vidal de SOUZA; José Marlo Araújo de AZEVEDO; Renato Epifânio de SOUZA..... 93 - 107
- Tamanhos de recipientes e doses de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de *Toona ciliata*. Container sizes and doses of slow release fertilizer in the production of *Toona ciliata* seedlings. Rudinei DE MARCO; Bruno CONTE; Edison Rogério PERRANDO..... 109 - 117
- Wood species used in craft boats in Pará State – Brazil. Espécies madeireiras utilizadas em barcos artesanais no Estado do Pará - Brasil. Olívia Pereira LOPES; Amélia Guimarães CARVALHO; Antônio José Vinha ZANUNCIO; Márcio Medeiros ALVES; Eunice Gonçalves MACEDO..... 119 - 129
- Análise da tendência pelo método quantitativo de séries temporais dos preços deflacionados de madeira laminada colada e suas matérias primas. Analysis of deflated prices and its trend of glulam and its main raw material by the quantitative time series method. Ernesto Augusto GARBE; Jorge Luis Monteiro de MATOS; Delcio PEREIRA; José Guilherme PRATA; Humberto ÂNGELO; Romano TIMOFEICZYK JUNIOR; José Eduardo Flores RIVERA..... 131 - 145
- Desenvolvimento de mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hill.) mediante diferentes substratos e lâminas de irrigação. Development of dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hill.) seedlings using different substrates and irrigation depths. Lucas Oliveira SANTANA; Francineide Morais de ARAÚJO; Flávia Luiz Pereira de SOUZA; Mateus de Campos LEME; Thiago Philipe de Camargo e TIMO; Thomaz Figueiredo LOBO; Marcos Vinícius Bohrer Monteiro SIQUEIRA 147 - 156
- ### NOTA CIENTÍFICA/SCIENTIFIC NOTE
- Development of microsatellite markers for *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Pau-marfim - Ivory tree): an endangered high-value tropical tree (Scientific note). Desenvolvimento de marcadores microssatélites para *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Pau-marfim): uma espécie arbórea tropical ameaçada e de alto valor (Nota científica). Bruna Ibanes AGUIAR; Alexandre Magno SEBBENN; Ellida de Aguiar SILVESTRE; Kaiser Dias SCHWARCZ; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Marcelo Nalin AMBROSANO; Flávio Bertin GANDARA; Mario Luiz Teixeira de MORAES; Dario GRATTAPAGLIA; Paulo Yoshio KAGEYAMA; Maria Imaculada ZUCCHI..... 157 - 162

CARACTERIZAÇÃO DE UM QUINTAL AGROFLORESTAL NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL, AC¹

CHARACTERIZATION OF AN AGROFORESTRY YARD IN CRUZEIRO DO SUL, AC

Jozângelo Fernandes da CRUZ^{2,3}; Edivaldo Bezerra de SOUZA²; Maria Vânia Vidal de SOUZA²;
José Marlo Araújo de AZEVEDO²; Renato Epifânio de SOUZA²

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi avaliar a composição e o arranjo espacial de um quintal agroflorestal no Município de Cruzeiro do Sul, AC. O estudo foi realizado na propriedade rural Colônia Assis Brasil, localizado em Cruzeiro do Sul, AC. Para o levantamento da biodiversidade foi feito o inventário 100% no perímetro do quintal agroflorestal. Para cada indivíduo foram coletadas as seguintes informações: 1) nome popular; 2) idade correspondente ao ano de plantio; 3) sistema de implantação (fileira simples, fileira dupla, em sistema de aléia, aleatório); 4) espaçamento. Os dados coletados foram tabulados e organizados por espécies, idade e sistema de plantio. Os gráficos foram gerados em planilha eletrônica. O sistema agroflorestal da Colônia Assis Brasil pode ser classificado como quintal agroflorestal e apresenta expressiva riqueza e alta diversidade de espécies, ocupando uma área de 3,3428 ha, maior que comumente encontrada para esse tipo de Sistema Agroflorestal - SAF, mesmo assim, tem uma considerável densidade de plantas. As espécies mais abundantes são o açaí (*Euterpe precatoria*), inhame (*Dioscorea* sp.), ingá (*Inga edulis*), abacate (*Persea americana*), coco (*Cocos nucifera*) e graviola (*Annona muricata*). O SAF é predominantemente composto por espécies frutíferas de uso alimentar. O quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil passa um processo de renovação, com aumento da abundância de um menor número de espécies de valor comercial regional, sendo o açaí a espécie mais plantada nos últimos dois anos. Esse comportamento pode diminuir a riqueza e equitabilidade do SAF, deixando-o com menor diversidade e mais próximo de um sistema multiestratificado.

Palavras-chave: Sistema agroflorestal; Abundância; Diversidade; Equitabilidade.

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the composition and spatial arrangement of an agroforestry backyard in Cruzeiro do Sul, AC. The study was conducted at the rural property Colônia Assis Brasil, located in Cruzeiro do Sul, AC. For the survey of biodiversity, 100% inventory of the perimeter of the agroforestry yard was made. For each individual, the following information was collected: 1) popular name; 2) Age corresponding to the year of planting; 3) implantation system (single row, double row, alley system, random); 4) Spacing. The data collected were tabulated and organized by species, age and planting system. The graphs were generated in spreadsheet. The agroforestry system of the Assis Brasil colony can be classified as an agroforestry backyard and presents significant richness and high species diversity, occupying an area of 3.3428 ha, larger than commonly found for this type of agroforestry system - AFS, yet it has a considerable density of plants. The most abundant species are açaí (*Euterpe precatoria*), yam (*Dioscorea* sp.), ingá (*Inga edulis*), avocado (*Persea americana*), coconut (*Cocos nucifera*) and graviola (*Annona muricata*). The SAF is predominantly composed of fruit species for food use. The agroforestry yard Colônia Assis Brasil undergoes a process of renewal, with an increase in the abundance of a smaller number of species of regional commercial value, the açaí being the most planted species in the last two years. This behavior can decrease the wealth and equitability of the SAF, leaving it with less diversity and closer to a multi-stratified system.

Keywords: Agroforestry system; Abundance; Diversity; Equitability.

¹ Recebido para análise em 22.05.2019. Aceito para publicação em 04.09.2019.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre - IFAC, Campus de Cruzeiro do Sul, Estrada da APADEQ, n. 1192 - AC, CEP 69980-000. Cruzeiro do Sul, AC.

³ Autor para correspondência: Jozângelo Fernandes da Cruz - jozangelo.cruz@ifac.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais - SAF são consorciações de árvores, culturas agrícolas e/ou animais, manejadas conjuntamente de forma a otimizar o uso dos recursos naturais do sistema solo-planta-atmosfera, de modo a proporcionar benefícios econômicos ao produtor rural, através das interações ecológicas positivas do sistema. Para ser considerado um sistema agroflorestal, as interações entre as culturas devem resultar em maior diversidade biológica entre as espécies vegetais e/ou animais e dentro do sistema, especialmente no enriquecimento do solo (princípio da sustentabilidade); ser economicamente viável, proporcionando alternância e diversificação de produção e distribuição de renda ao longo do ano (princípio econômico) e proporcionar ao homem do campo motivos para permanecer na agricultura, melhorando sua condição de vida (princípio social) (Macedo, 2000).

O SAF tem como objetivo a criação de vários estratos vegetais, consorciados ou não com animais, buscando imitar uma floresta natural. A implantação de um SAF em área agricultável ou degradada tem várias vantagens como a recuperação da matéria orgânica do solo, melhoria na estrutura do solo, recuperação e manutenção da fertilidade do solo, através da ciclagem de nutrientes, que condiciona um microclima dentro da área de cultivo, evitando variações acentuadas de temperaturas extremas, melhor aproveitamento da energia solar e diversificação de produção e distribuição de renda ao longo do ano, com menor risco econômico (Carvalho et al., 2004; Bentes-Gama et al., 2005; Ayres e Ribeiro, 2010; Valentini et al., 2010; Silva et al., 2014).

No Estado do Acre os sistemas agroflorestais multiestratos ou consórcios comerciais são os preferidos pelos produtores. Nesses sistemas são agrupados uma mistura de árvores com culturas perenes e culturas anuais, geralmente em número menor que dez espécies por arranjo (Lunz e Franke, 1998; Sá et al., 2008).

Na Microrregião do Vale do Juruá, onde se encontra o município de Cruzeiro do Sul, Brilhante et al. (2004) relataram que a maioria dos sistemas agroflorestais são pequenos, com área entre 0,25 a

2,0 ha e possuem baixa diversidade de espécie, de 3 a 5 espécies, com exceção de um SAF identificado no Projeto de Assentamento - PA Santa Luzia que possuía 24 espécies.

Um SAF para ser eficiente, com maior chance de sucesso, é necessário que seja feito um minucioso planejamento antes de sua implantação. O arranjo de espécies feitas aleatoriamente pode não trazer os principais benefícios do sistema que são a interação positiva entre as espécies e a diversificação e escalonamento da produção ao longo do ano.

De acordo com Lunz e Franke (1998), o desenho de um SAF é feito basicamente por meio da seleção das espécies e do arranjo espacial delas. A escolha das espécies deve considerar alguns critérios como: satisfazer a necessidade do produtor; adaptação às condições ecológicas da região; ciclos de vida diferenciados; possuir períodos de safra diferenciados; não produzir efeitos alelopáticos; ser companheiras; preferencialmente ser de uso conhecido pelos agricultores; não ser muito agressiva e exigente em água e nutrientes; possuir mercado atual ou potencial. Já o arranjo espacial das espécies considera dois critérios principais: a arquitetura da parte aérea e subterrânea da planta e a ecofisiologia das espécies (Lunz e Franke, 1998).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a composição de um quintal agroflorestal no Município de Cruzeiro do Sul, AC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na propriedade rural denominada Colônia Assis Brasil, de propriedade do Sr. Verdi de Oliveira Silva, localizada na Gleba Paraná, Ramal Pentecoste, Lote 88, Cruzeiro do Sul sob as coordenadas geográficas 7°34'34" S e 72°49'22" W (Figuras 1 e 2). O solo do local do experimento é classificado como Argissolo Amarelo (Acre, 2010).

O clima regional é caracterizado como tropical chuvoso do tipo Af, segundo classificação de Köppen (tropical chuvoso caracterizado pela ausência de período seco em todos os meses, registrando-se total de chuvas superior a 60 mm). A temperatura média está em torno de 24,5°C, com mínima de 18°C e máxima de 32°C e umidade relativa do ar com médias entre 80 e 90% durante o ano todo (Acre, 2010).

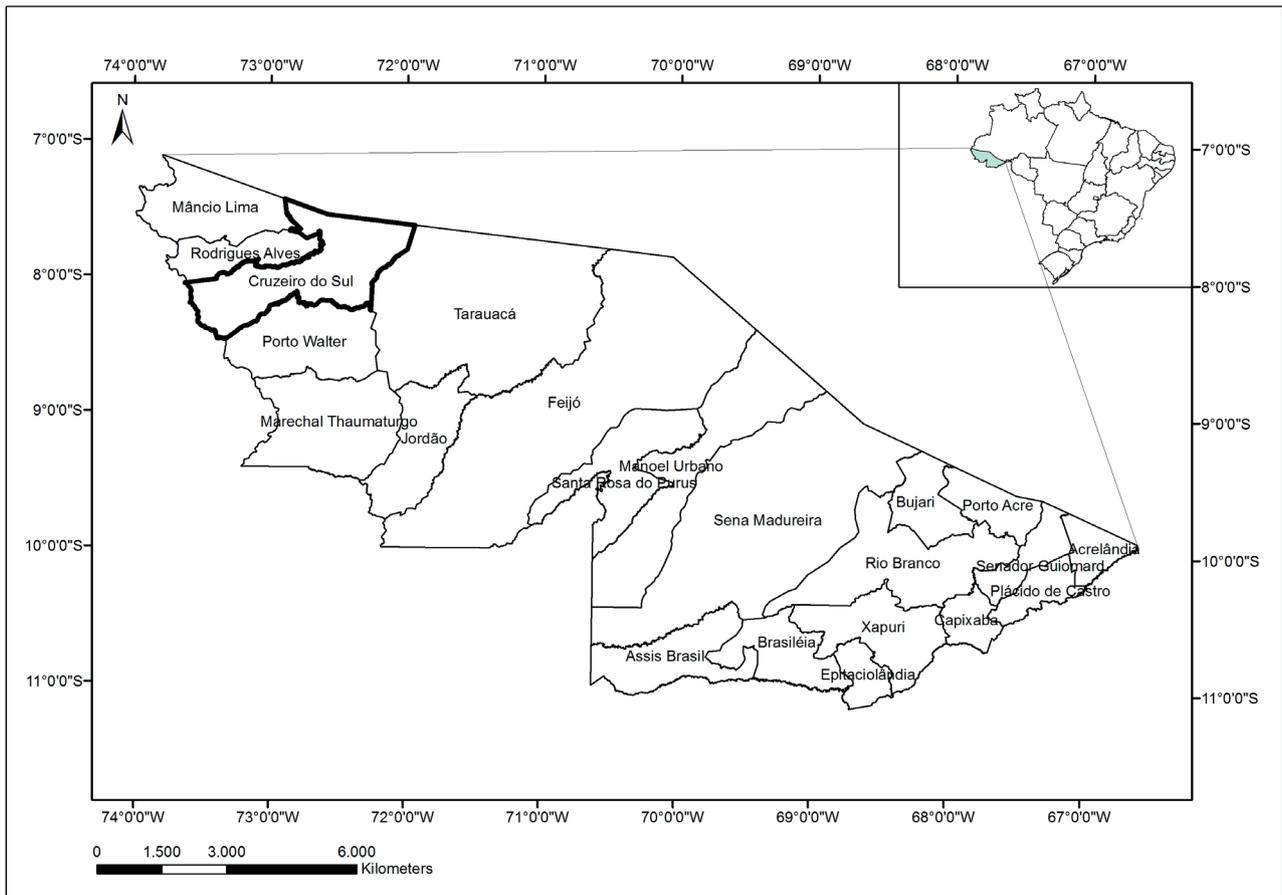


Figura 1. Localização do Estado do Acre dentro do território nacional.

Figure 1. Location of the State of Acre within the national territory.

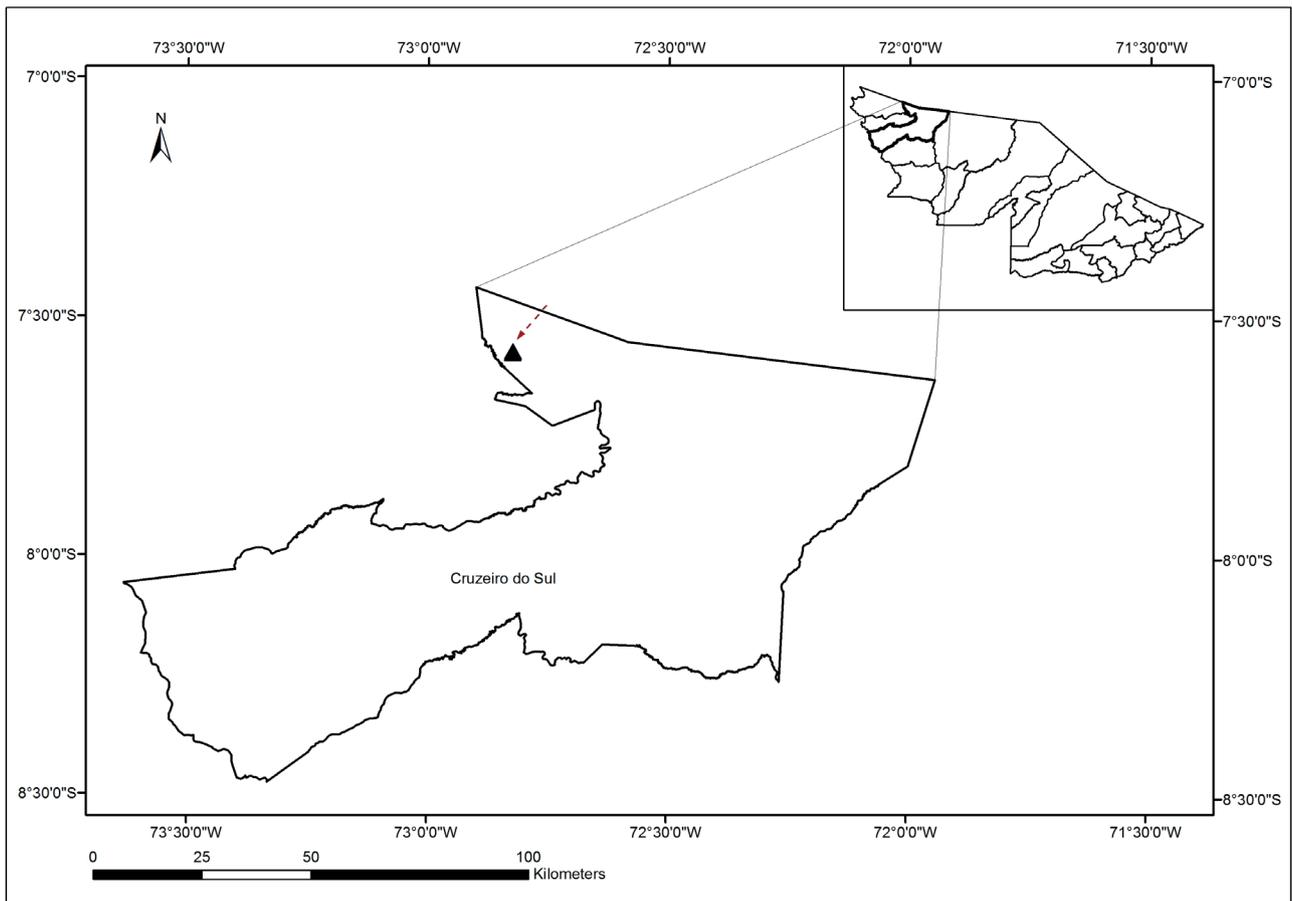


Figura 2. Localização do quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil. A seta indica sua localização dentro do município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 2. Location of the agroforestry yard Colônia Assis Brasil. The arrow indicates its location within the municipality of Cruzeiro do Sul, AC.

Para o levantamento da biodiversidade foi feito o inventário 100% no perímetro do quintal agroflorestal. A coleta de dados foi realizada na companhia do proprietário, o Sr. Verdi, durante o mês de março de 2016. Cada componente do Sistema Agroflorestal foi georreferenciado com GPS de navegação marca/modelo Garmin78S, precisão de 3 m. Para cada indivíduo foram coletadas as seguintes informações: 1) nome popular; 2) idade correspondente ao ano de plantio; 3) sistema de implantação (fileira simples, fileira dupla, em sistema de aléia, aleatório) e 4) espaçamento.

Os descritores fitossociológicos utilizados foram abundância, Densidade de espécie - D, índice de Shannon-Wiener - H' para mensurar a diversidade e índice de Pielou - J para mensuração da equitabilidade (Araújo e Ferraz, 2010):

$$D = \frac{N}{A}$$

Em que:

D = Densidade total (indivíduos ha⁻¹)

N = Número total de indivíduos

A = Área amostrada (m²)

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_2 P_i)$$

Em que:

H' = Índice de diversidade de Shannon-Wiener

S = Número de espécies

P_i = proporção de indivíduos pertencentes à i-ésima espécie (n_i/N)

n_i = número total de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos levantados

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

J' = medida de equabilidade da função Shannon-Wiener (varia de 0 a 1)

H' = Índice de diversidade de Shannon-Wiener

H' max = valor máximo de H' = log S

Os dados coletados foram tabulados e organizados por espécies, idade e sistema de plantio. Os gráficos e tabelas foram gerados em planilha eletrônica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A propriedade rural Colônia Assis Brasil faz parte da Gleba Paraná, registrada como projeto fundiário no INCRA. A vegetação local foi modificada há mais de 5 décadas para instalação da família e exploração da área com lavouras anuais.

O modo de exploração da terra era a agricultura itinerante, que consiste no desbravamento de pequenas áreas de floresta, onde são feitos os roçados com culturas como milho, arroz, mandioca e pastagem. O sistema da agricultura itinerante preconiza o uso do fogo para limpeza da área. Esse manejo degrada o solo, deixando-o desprotegido contra os processos erosivos, além de reduzir significativamente a matéria orgânica e a biota do solo (Schmitz, 2007). A Figura 3 representa um esquema da sequência de alteração e uso do solo no sistema de agricultura itinerante na Amazônia Ocidental.

O SAF na Colônia Assis Brasil não foi uma ação planejada. De acordo com o proprietário, o Sr. Verdi, o mesmo foi percebendo que a produtividade das lavouras vinha caindo ao longo dos anos e em algumas áreas não era possível produzir sequer mandioca. A partir daí o produtor decidiu minimizar o uso do fogo na sua área e começou a introduzir algumas espécies frutíferas, iniciando com plantio de açaí solteiro (*Euterpe precatoria*) e coco (*Cocos nucifera*).

Ao longo dos anos o produtor foi enriquecendo seu SAF com espécies típicas da região com valor de mercado, assistido por pesquisadores e técnicos locais da Universidade Federal do Acre - UFAC, Embrapa-AC e Secretaria de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar do Acre - SEAPROF. Nos últimos anos a propriedade começou a chamar a atenção dos órgãos de pesquisa e assistência técnica, extensão rural e ensino que levaram algumas tecnologias e técnicas e melhoraram o arranjo produtivo de algumas áreas. Atualmente, o SAF da Colônia Assis Brasil tem mais de 40 anos de idade (desde o plantio da primeira espécie arbórea), com 40 espécies diferentes, entre espécies frutíferas, madeiras, não madeiras, de serviço, condimentares, medicinais e culturas anuais.

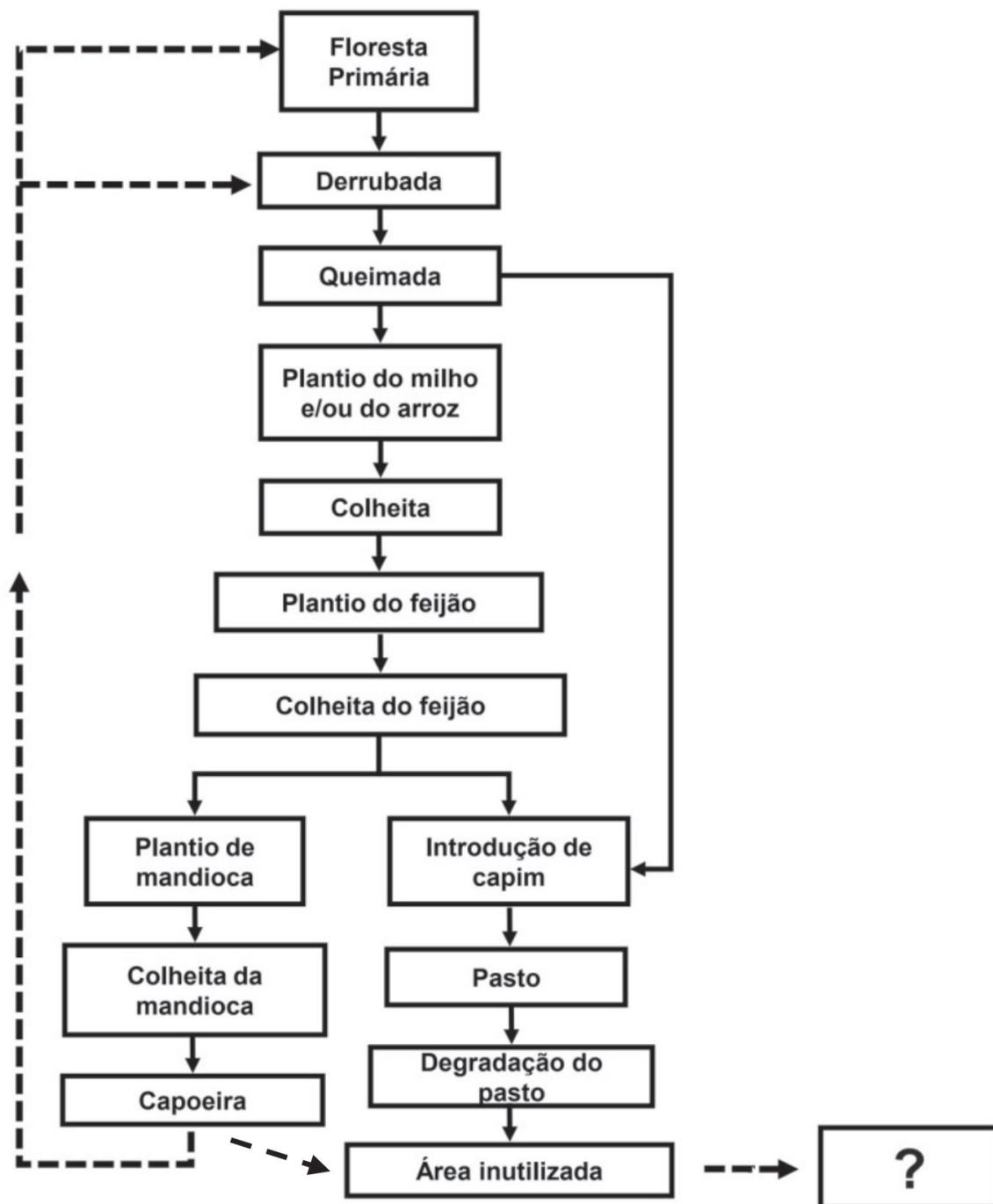


Figura 3. Representação esquemática da alteração da vegetação e uso do solo no sistema da agricultura itinerante. A seta contínua indica a sequência de alteração antrópica. A seta pontilhada indica os possíveis destinos das áreas degradadas que são abandonadas para regeneração natural. Fonte: Adaptado de Oliveira (2009).

Figure 3. Schematic representation of vegetation change and land use in the shifting agriculture system. The continuous arrow indicates the sequence of anthropic alteration. The dotted arrow indicates the possible destinations of degraded areas that are abandoned for natural regeneration. Source: Adapted from Oliveira (2009).

O SAF da Colônia Assis Brasil pode ser classificado como quintal agroflorestal, de acordo com os critérios descritos por Dubois et al. (1996) e Macedo (2000): 1) proximidade à casa do produtor; 2) diversidade de espécies, com predominância de árvores frutíferas; 3) superfície pouco extensa; 4) existência de criação de pequenos animais, como aves e suínos e 5) o aspecto maduro do sistema se assemelha a uma floresta natural, com vegetação densa, muitas espécies, diferentes estratos, grande quantidade de biomassa e uma distribuição irregular das árvores.

O quintal Agroflorestal da Colônia Assis Brasil tem 3,3428 ha, dividido em duas áreas. A primeira e maior, com 2,3628 ha é dividida pela principal via de acesso do Projeto Fundiário Gleba Paraná, a Estrada do Pentecoste (Figura 4). A segunda é separada da primeira por uma residência de um dos filhos do mantenedor e a casa de farinha da família. As áreas (considerando a bordadura do SAF) têm formato irregular, conforme pode ser observado na Figura 4.

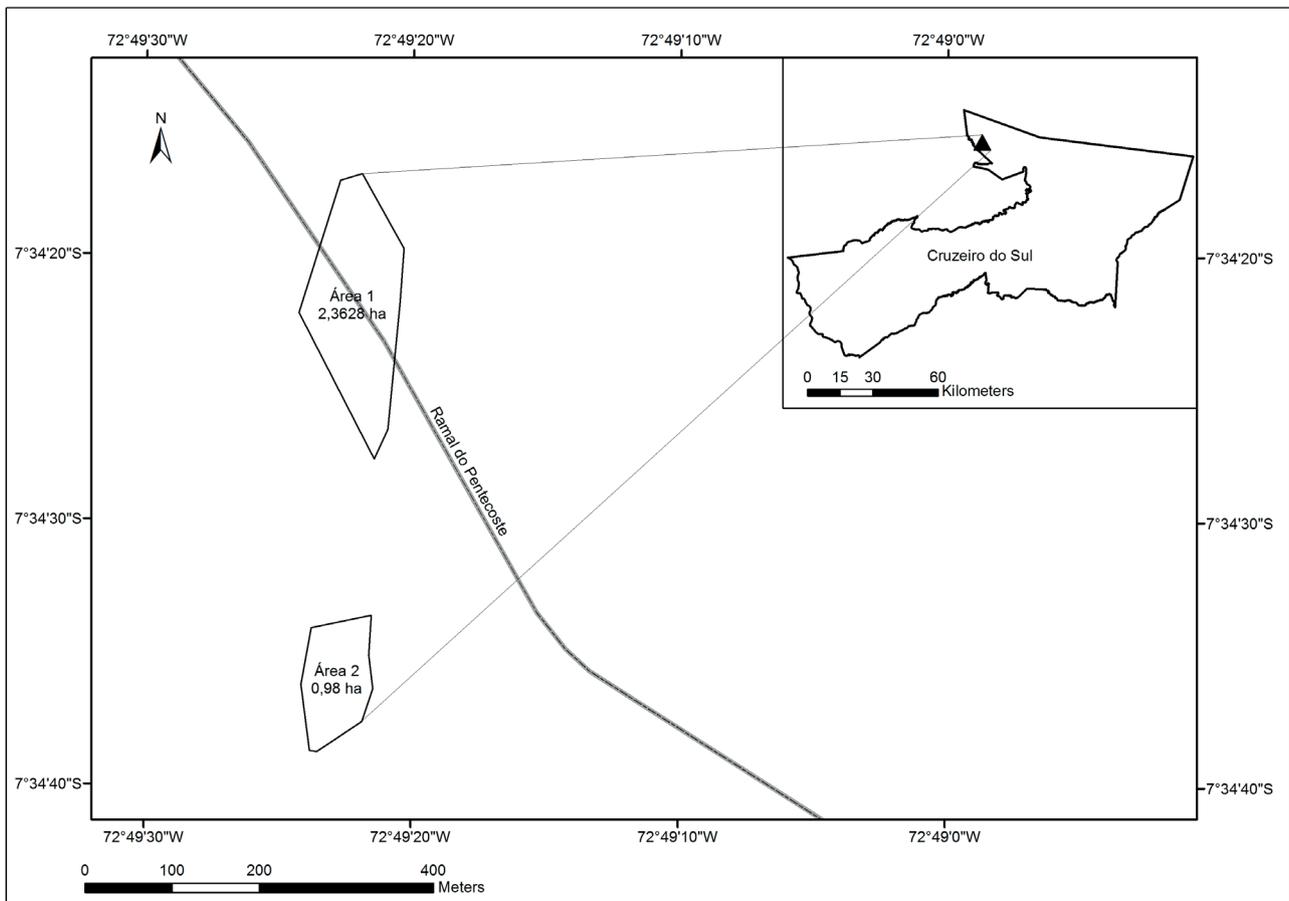


Figura 4. Localização e formato das áreas que compõem o quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil. O quintal é dividido em duas áreas, a primeira próxima a sede onde reside o mantenedor, o Sr. Verdi, com 2,3628 ha; a segunda fica próxima a casa de farinha da família.

Figure 4. Location and format of the areas that make up the agroforestry yard Colônia Assis Brasil. The yard is divided into two areas, the first near the headquarters where the maintainer, Mr. Verdi, has 2.3628 ha; the second is near the family flour house.

O SAF da Colônia Assis Brasil é complexo, composto por 40 espécies de culturas de ciclo curto, ciclo médio, culturas perenes, espécies florestais e espécies para essência e condimentos. A Tabela 1 relaciona o quantitativo de espécies, nome popular local, nome científico e principal finalidade de uso da espécie.

O SAF da propriedade é composto por 40 espécies de 25 famílias botânicas diferentes,

totalizando 1.701 plantas. Não é comum encontrar um quintal agroflorestal tão diversificado na região. Num estudo feito na Regional do Vale do Juruá, em áreas de assentamentos rurais e terras indígenas, Brilhante et al. (2004) verificaram que 86% dos SAF's tinham entre 3 a 5 espécies, sendo a maior biodiversidade encontrada foi de 24 espécies num único SAF.

Tabela 1. Composição do SAF da Colônia Assis Brasil. Nome popular, nome científico, família, uso principal (1- Alimento; 2- Serviço) e finalidade (3- Produção comercial; 4- Consumo da família; 5- produção de lenha; 6- Sombreamento; 7- Adubação verde; 8- Alimentação animal; 9- outros).

Table 1. Composition of the SAF of Colônia Assis Brasil. Popular name, scientific name, family, main use (1- Food; 2- Service) and purpose (3- Commercial production; 4- Family consumption; 5- Firewood production; 6- Shading; 7- Green manure; 8- Animal feed; 9- others).

Nome popular	Nome científico	Família	Uso principal/ finalidade
Abacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	1;3
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	1;3
Abil	<i>Pouteria caimito</i>	Sapotaceae	1;3
Açai	<i>Euterpe precatoria</i>	Arecaceae	1;2;3;6
Amarelim	<i>Plathymenia reticulata</i>	Fabaceae	2;4;5
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	2;4;5
Banana	<i>Musa sp.</i>	Musaceae	1;3
Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i>	Arecaceae	1;2;6;8
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Sterculiaceae	1;3
Cajarana	<i>Spondias dulcis</i>	Anacardiaceae	1;4
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	1;3
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae	1;4;9
Castanha-do-Brasil	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	1;2;5;6
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	2;5;6
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	1;3
Coité	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae	4;9
Condessa	<i>Annona reticulata</i>	Annonaceae	2;5;6
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae	2;5;6
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Sterculiaceae	1;3
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	2;5;6
Feijão Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Fabaceae	2;6
Fígado de galinha	<i>Phaseolus lunatus</i>	Fabaceae	5;6
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	1;3
Ingá	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	1;2;4;5;6
Inhame	<i>Dioscorea sp.</i>	Dioscoreaceae	1;3
Jaca	<i>Artocarpus integrifolia</i>	Moraceae	1;3

continua
to be continued

continuação - Tabela 1
 continuation - Table 1

Nome popular	Nome científico	Família	Uso principal/ finalidade
Jambo	<i>Eugenia malaccensis</i>	Myrtaceae	1;2;4;8
Jatobá	<i>Hymenaea coubaril</i>	Fabaceae	2;5;6
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	1;3
Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	Rutaceae	1;3
Limão	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	1;3
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	1;3
Manga	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	1;3
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	2;5;6
Pimenta longa	<i>Piper hispidinervum</i>	Piperaceae	2;9
Pimenta-do-reino	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	3;9
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae	1;3
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	6;8
Tangerina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	1;3
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae	3;9

No entanto, Machado (2016) verificou que os SAF's localizados no interior de Manaus são compostos por 31 a 95 espécies por quintal, com média de 59 espécies/quintal indicando que o SAF da Colônia Assis Brasil está no padrão de composição florística de outros quintais agroflorestais da Amazônia.

As espécies estão bem distribuídas em quatro andares distintos. No andar inferior (até 2 metros de altura) estão as espécies de sombra ou meia-sombra como, o inhame (muito abundante), pimenta-do-reino, pimenta longa, guandu e o abacaxi. No segundo andar (de 2 a 5 metros de altura) estão distribuídas as espécies como a banana, café, mamão, citros, ingá, caju e o cacau, graviola, coité. No terceiro andar (de 5 a 8 metros de altura) estão as espécies como a jaca, ingá, coco, pupunha e abiu. No quarto andar (plantas de porte alto) estão o açaí, as espécies madeireiras, buriti e castanha-do-Brasil.

Do total das 40 espécies cultivadas no quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil, 49% é de uso alimentar, sendo que 39% tem finalidade comercial

e 10% para consumo da família. As plantas de serviço e produção (sombreamento, madeira e lenha) correspondem a 24% das espécies. As espécies de uso múltiplo, que servem de alimento, sombreamento, produção de lenha e adubação verde compõem 15% das espécies inventariadas (Figura 5).

A predominância de espécies para uso alimentar se assemelha aos encontrados nos estados do Amazonas, Pará, Pernambuco e Mato Grosso, com 36%, 56,7%, 28,83% e 45% respectivamente (Florentino et al., 2007; Vieira et al., 2012; Pereira e Figueiredo Neto, 2015; Machado, 2016). A espécie mais abundante no quintal agroflorestal foi o açaí solteiro (*Euterpe precatoria*), com 616 indivíduos, seguido de inhame, ingá, abacate e coco (Figura 6). A preferência pelo açaizeiro é em função do seu valor comercial local, associado ao porte e copa, que proporcionam um bom sombreamento para outras culturas. A implantação do ingá como componente do SAF é recente para uso principal de adubação verde no sistema de aléias. A preferência pela espécie varia de acordo com seu valor comercial de cada região.

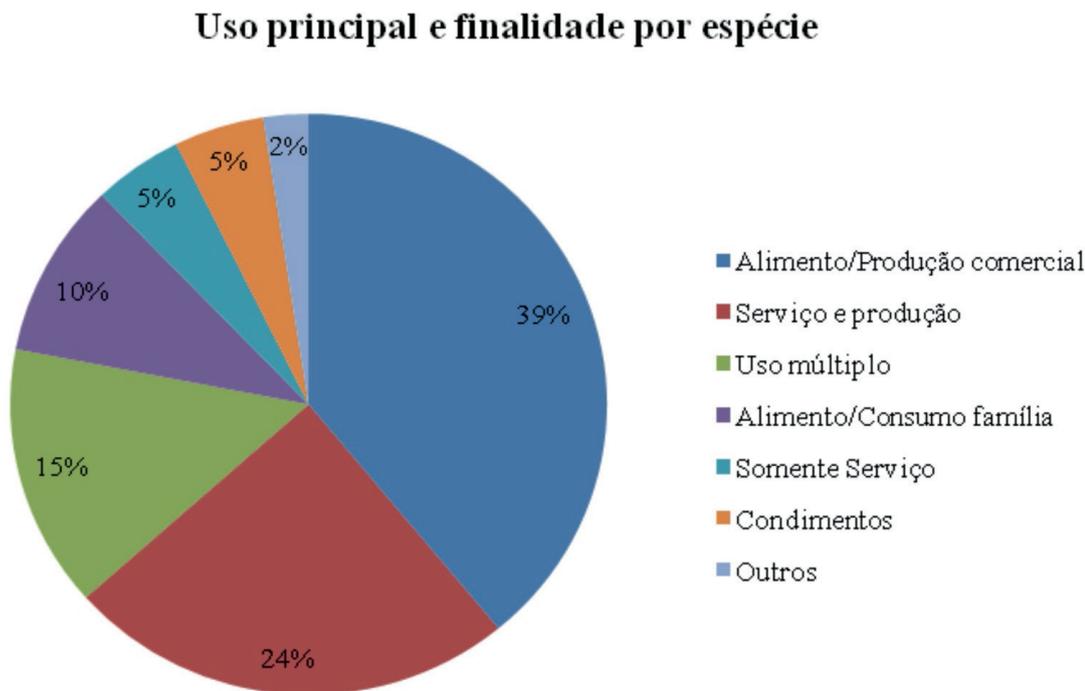


Figura 5. Uso principal e finalidade por espécie da composição do quintal agroflorestal da Colônia Assis Brasil no Município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 5. Main use and purpose by species of the agroforestry yard composition of Colonia Assis Brasil in Cruzeiro do Sul, AC.

Observa-se que o maior número de indivíduos por espécies são plantas frutíferas, com exceção do inhame (*Dioscorea* sp.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), com finalidade de comercialização. A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é mantida no quintal agroflorestal para produção de sombra e sementes que servem de alimentação para os peixes, especialmente o tambaqui (*Colossoma macropomum*). A cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) é cultivada para produção de mel e açúcar mascavo para consumo da família e o bagaço é utilizado como adubo orgânico. A única espécie usada para utensílio é a coité (*Crescentia cujete*). As espécies florestais para produção de madeira e produtos não madeireiros são pouco abundantes, isso porque o produtor não visualiza a exploração econômica das espécies, servindo como serviço para produção de sombra, óleos e essências.

Machado (2016), estudando quintais agroflorestais nas regiões rurais de Manaus, verificou uma composição de 36% de espécies frutíferas, 4% de espécies madeireiras e 1,7% de espécies para sombreamento, assemelhando-se, em termos relativos, a composição do SAF Colônia Assis Brasil. A Densidade de indivíduos - D no SAF é de 508 plantas.ha⁻¹, com uma riqueza - S de 40 espécies. Esses valores condizem com os encontrados por Machado (2016), em SAF's avaliados em Manaus, o qual verificou médias de densidade de 505 indivíduos.ha⁻¹ e riqueza de 43 espécies por quintal.

Considerando o índice de Shannon-Wiener - H', o SAF da Colônia Assis Brasil é considerado diversificado, com valor 2,37. Machado (2016) encontrou um índice H' médio de 2,53 para os quintais agroflorestais da zona rural de Manaus. Vieira et al. (2012), estudando os quintais agroflorestais no município de Bonito no Estado do Pará, verificaram índice H' médio de 2,21.

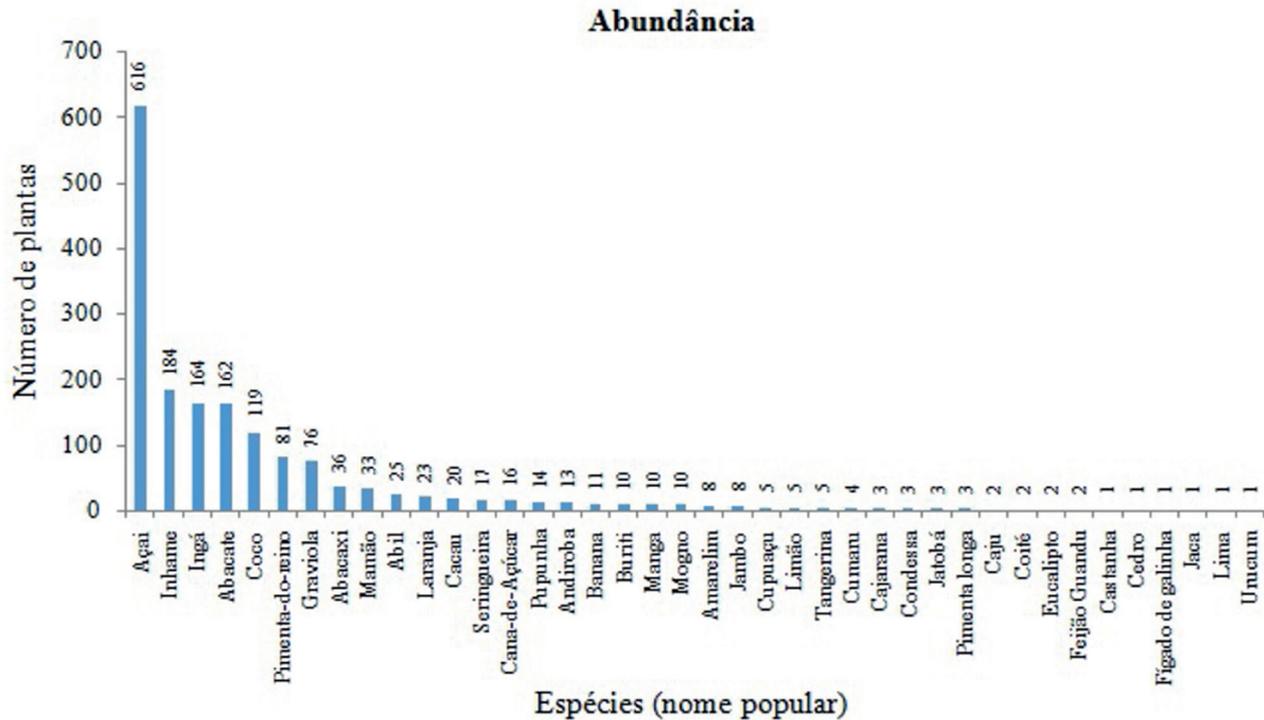


Figura 6. Abundância (número de indivíduos por espécie) no quintal agroflorestal da Colônia Assis Brasil no município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 6. Abundance (number of individuals per species) in the agroforestry yard of Colony Assis Brasil in Cruzeiro do Sul, AC.

Com relação a equitabilidade - J' , o índice calculado para o quintal agroflorestal foi de 0,64, considerado um bom índice, indicando que a diversidade no SAF está próxima a máxima diversidade alcançável (Magurran, 1988). Esse índice está muito próximo ao encontrado por Machado (2016), nos quintais estudados no Estado do Amazonas (média de 0,52) e por Vieira et al. (2012) em quintais no Estado do Pará (média de 0,85). A maior abundância de açaí, inhame, abacate, ingá, coco e pimenta do reino condicionam a equitabilidade, com índice inferior ao verificado por Vieira et al. (2012).

O quintal agroflorestal é antigo, mais de 40 anos do início do plantio das primeiras árvores. No entanto, observa-se que o mantenedor do SAF está renovando seu estande e modificando a estrutura do SAF, aumentando o número de indivíduos de

açaizeiro e coqueiro, como principais espécies de valor comercial, visando atender o mercado local. A iniciativa de modificação da estrutura do quintal agroflorestal com maior incremento de açaizeiros e coqueiros foi resultado de políticas públicas dos órgãos de Assistência Técnica e Extensão Rural - ATER voltados para o aumento da produção dessas espécies. Do total de 1.701 plantas que compõem o estande, 753 foram plantadas nos últimos 2 anos (Figura 7).

Quando se considera a quantidade de espécies por idade, verifica-se que mais de 33% das espécies tem mais de 10 anos de implantação, 29% tem entre 3 e 5 anos e 22% tem até 2 anos (Figura 8). No entanto, mais de 50% das plantas foram implantadas nos últimos 2 anos, aumentando-se a abundância de um menor número de espécies, o que pode reduzir a equitabilidade do quintal agroflorestal.

Quantidade de plantas por idade

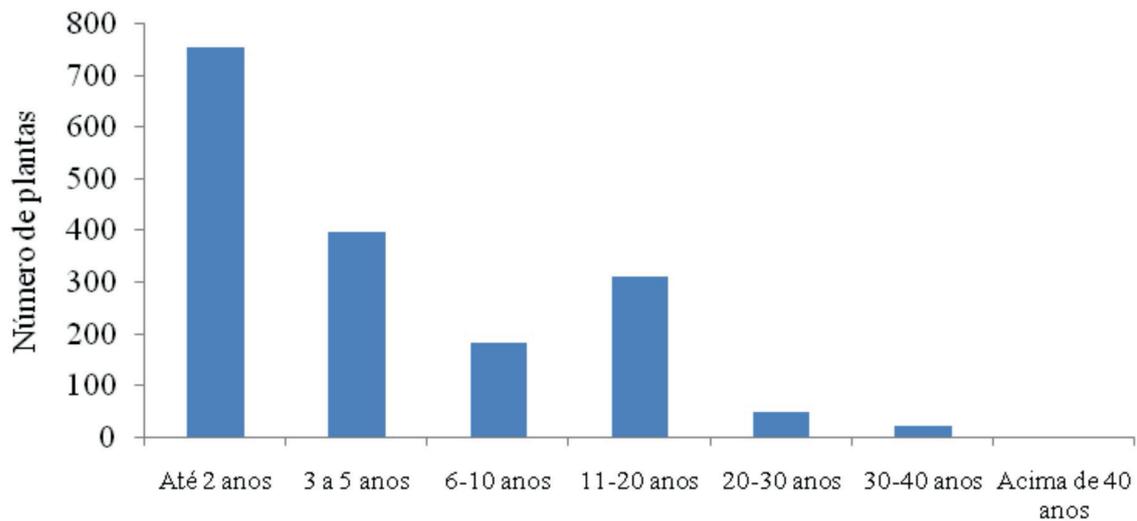


Figura 7. Quantidade de plantas por idade de implantação no quintal agroflorestal no município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 7. Number of plants by age of implementation in the agroforestry yard in the municipality of Cruzeiro do Sul, AC.

Quantidade de espécies por idade

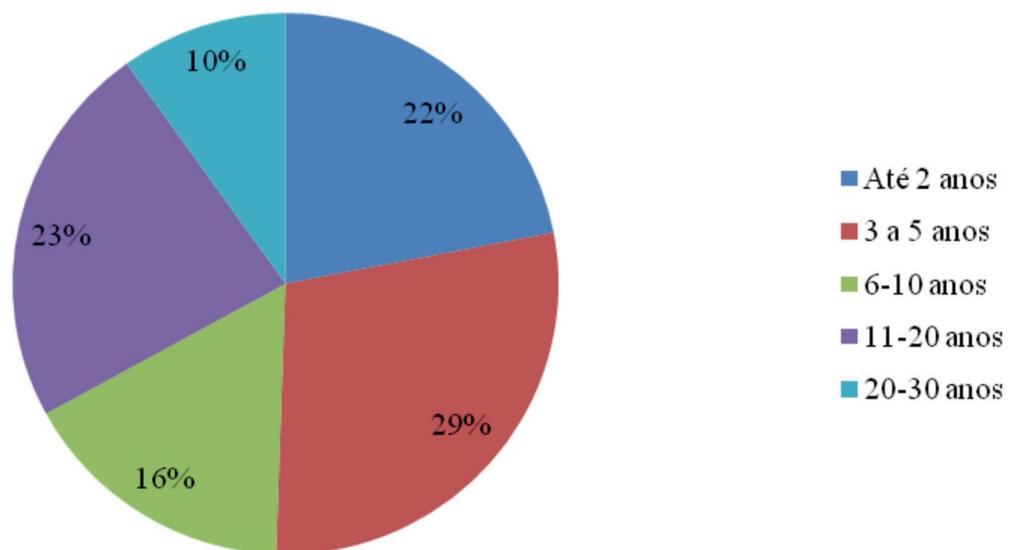


Figura 8. Quantidade de espécies por idade (tempo de implantação ou plantio) no quintal agroflorestal no município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 8. Number of species by age (time of implantation or planting) in the agroforestry yard in the municipality of Cruzeiro do Sul, AC.

O açaí é a espécie frutífera que foi mais plantada nos últimos 2 anos (229 plantas), seguido do coco, pimenta-do-reino, ingá, graviola, abacate, mamão e seringueira (Figura 9). Excetuando-se o inhame, que é uma olerícola de ciclo curto e, portanto, cultivada anualmente e o ingá, que está sendo implantada no sistema de aléia com a finalidade de sombreamento e adubação verde, as demais espécies são frutíferas, voltadas para venda dos frutos in natura.

Estudando a composição de SAF's no município de Caruaru no estado de Pernambuco, Florentino et al. (2007) verificaram que a idade dos SAF's varia entre 3 a 58 anos de implantação e que a idade do sistema não tem correlação com a riqueza e abundância. No entanto, se o mantenedor do quintal agroflorestal concentrar a renovação em um menor número espécies, a tendência é redução de diversidade do SAF ao longo dos anos, com menor riqueza e equitabilidade de espécies.

Essa tendência de concentração de um menor número de espécies de interesse econômico regional,

com sistema de produção de forma mais organizada tem ocorrido nos últimos 10 anos no SAF Colônia Assis Brasil, a partir do momento que o mantenedor começou a receber vistas técnicas de instituições públicas de assistência técnica e extensão rural, pesquisa e ensino.

De posse de maiores informações técnicas, o mantenedor do SAF começou a organizar o arranjo espacial, fazendo plantio em fileiras espaçadas conforme orientação técnica ou em sistema de aléias. Atualmente a maioria das plantas está disposta em fileiras simples (814 plantas) ou em sistema de aléias (403 plantas) (Figura 10).

Atualmente, o quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil é uma propriedade modelo e de referência para a assistência técnica, ensino, pesquisa e extensão. O Sr. Verdi recebe pessoas de diversas instituições do Estado do Acre e de outras partes do Brasil, mostrando os benefícios da mudança de um sistema que degrada o solo, como a agricultura itinerante, para um sistema que busca a recuperação do solo e da biodiversidade.

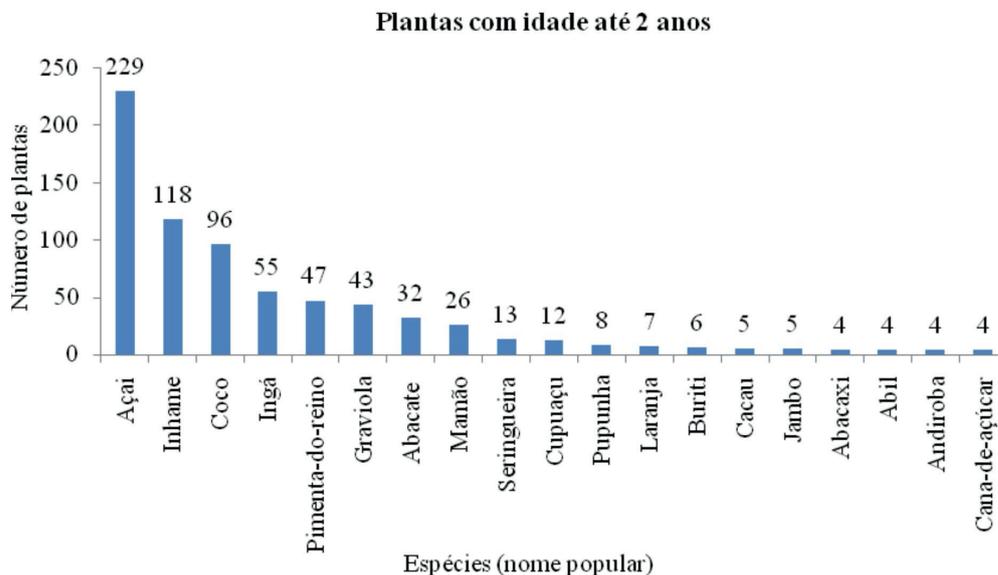


Figura 9. Quantidade de plantas por espécie com até 2 anos de implantação no quintal agroflorestal no município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 9. Number of plants per species with up to 2 years of implantation in the agroforestry yard in the municipality of Cruzeiro do Sul, AC.

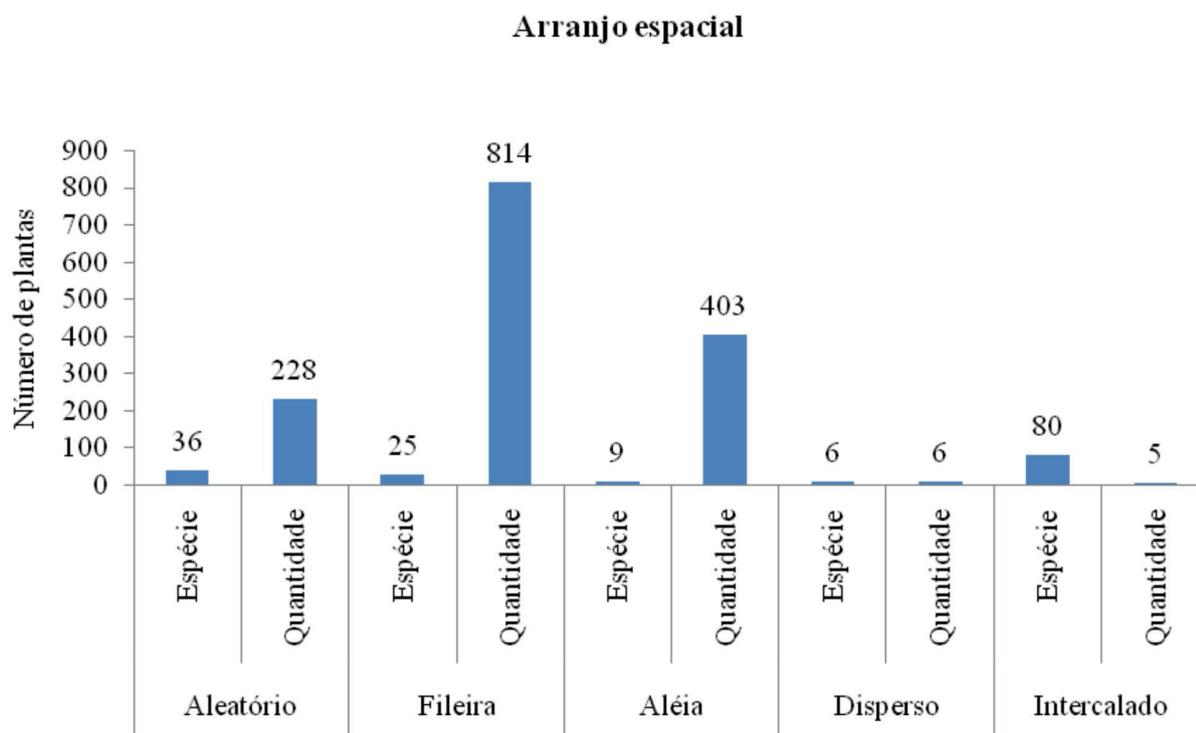


Figura 10. Arranjo espacial do quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil no município de Cruzeiro do Sul, AC.

Figure 10. Spatial arrangement of the agroforestry yard Colônia Assis Brasil in the municipality of Cruzeiro do Sul, AC.

4 CONCLUSÕES

O sistema agroflorestal da Colônia Assis Brasil pode ser classificado como quintal agroflorestal e apresenta expressiva riqueza e alta diversidade de espécies, ocupando uma área de 3,3428 ha, maior que comumente encontrada para esse tipo de SAF, mesmo assim, tem uma considerável densidade de plantas.

As espécies mais abundantes são o açaí (*Euterpe precatoria*), inhame (*Dioscorea* sp.), ingá (*Inga edulis*), abacate (*Persea americana*), coco (*Cocos nucifera*) e graviola (*Annona muricata*). OSAF é predominantemente composto por espécies frutíferas de uso alimentar.

O quintal agroflorestal Colônia Assis Brasil passa um processo de renovação, com aumento da abundância de um menor número de espécies de valor comercial regional, sendo o açaí (*Euterpe precatoria*) a espécie mais plantada nos últimos dois anos. Esse comportamento pode diminuir a riqueza e equitabilidade do SAF, deixando-o com menor diversidade e mais próximo de um sistema multiestratificado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Fase II.** Documento síntese. 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356 p.

ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Análise da vegetação nos estudos etnobotânicos. In: ALBUQUERQUE, U.P.; LUCENA, R.F.P.; CUNHA, L.V.F.C. (Ed.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica.** Recife: NUPEEA, 2010. p. 223-254.

AYRES, E.C.B.; RIBEIRO, A.E.M. Inovações agroecológicas no Nordeste de Minas Gerais: o caso dos sistemas agroflorestais na agricultura familiar do Alto Jequitinhonha. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 12, n. 3, p. 344-354, 2010.

BENTES-GAMA, M.M. et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho d'Oeste - RO. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 401- 411, 2005.

BRILHANTE, M.O. et al. **Avaliação da sustentabilidade de sistemas agroflorestais no Vale do Juruá, Estado do Acre**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA Florestas, 2004. 3 p.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

DUBOIS, J.C.L.; VIANA, V.M.; ANDERSON, A.B. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAP, 1996. 228 p.

FLORENTINO, A.T.N.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n. 1, p. 37-47, 2007.

LUNZ, A.M.P.; FRANKE, I.L. **Recomendações técnicas para desenho de sistemas agroflorestais multiestratos no estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1998. 5 p. (Comunicado técnico, n. 87).

MACEDO, R.L.G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2000. 157 p.

MACHADO, D.O. **A agrobiodiversidade de quintais agroflorestais em propriedades agrícolas familiares na BR 174, Ramal do Pau-Rosa, Manaus, AM**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura do Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 192 p.

OLIVEIRA, T.K. **Caminho para o uso sustentável dos recursos naturais: Integração Lavoura x Pecuária x Floresta - ILPF**. Curso Imersão em ATER. Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Acre - SEMA, Rio Branco, 2009.

PEREIRA, P.V.M.; FIGUEIREDO NETO, L.F. Conservação de espécies florestais: um estudo em quintais agroflorestais no município de Cáceres - MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 783-793, 2015.

SÁ, P.C.; OLIVEIRA, T.K.; BAYAMA, M.M. **Caracterização e análise da rentabilidade financeira de um consórcio agroflorestal para áreas de fácil acesso**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2008. 8 p. (Comunicado técnico, n. 166).

SCHMITZ, H. A transição da agricultura itinerante na Amazônia para novos sistemas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 46-49, 2007.

SILVA, T.T.; DRUMOND, M.A.; BAKKE, I.A. Sistema agroflorestal em Nova Olinda, Ceará: uma experiência de sucesso. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 162-171, 2014.

VALENTINI, L.S.P. et al. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.

VIEIRA, T.A.; ROSA, L.S.; SANTOS, M.M.L.; Agrobiodiversidade de quintais agroflorestais no município de Bonito, Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 159-166, 2012.

TAMANHOS DE RECIPIENTES E DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata*¹

CONTAINER SIZES AND DOSES OF SLOW RELEASE FERTILIZER IN THE PRODUCTION OF *Toona ciliata* SEEDLINGS

Rudinei DE MARCO^{2,3}; Bruno CONTE²; Edison Rogério PERRANDO²

RESUMO - O conhecimento técnico acerca da nutrição de mudas florestais e sua relação com as dimensões do recipiente utilizado são fundamentais para o processo de produção. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de variações quantitativas de fertilizante de liberação lenta associado a volumes de tubetes na produção de mudas de *Toona ciliata* em viveiro. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 5), sendo dois tamanhos de tubetes: médio (100 cm³) e grande (175 cm³), e cinco doses do fertilizante de liberação lenta 6M (0; 3; 6; 9; e 12 kg m⁻³ de substrato), com cinco repetições. Os resultados apontaram que quanto maior a dose de fertilizante de liberação lenta empregada, no limite de 12 kg m⁻³ de substrato, maior o crescimento e qualidade das mudas de *Toona ciliata*. Com relação ao tamanho do recipiente, o tubete com capacidade volumétrica de 175 cm³ resultou em mudas de melhor qualidade, em relação ao tubete com volume de 100 cm³.

Palavras-chave: Nutrição de mudas; Fertilizante encapsulado; Cedro australiano; Viveiro florestal.

ABSTRACT - The technical knowledge about the nutrition of forest seedlings and its relations with the dimensions of the container used are fundamental for the production process. This work had as objective to evaluate the effect of quantitative variations of slow release fertilizer associated with tube volumes in the production of seedlings of *Toona ciliata* in nursery. The research was conducted in a completely randomized design in factorial arrangement (2 x 5), with two sizes of tubes: medium (100 cm³) and large (175 cm³), and five doses of slow release fertilizer 6M (0; 3; 6; 9; and 12 kg m⁻³ of substrate) with five repetitions. The results indicate that the higher the dose of the slow release fertilizer employed is, in the limit of 12 kg m⁻³ of substrate, the bigger is the growth and the quality of *Toona ciliata* seedlings. With regard to the container size, the tube with the volumetric capacity of 175 cm³ resulted in seedlings with lower quality, in relation to the tube with volume of 100 cm³.

Keywords: Seedlings nutrition; Encapsulated fertilizer; Australian cedar; Forest nursery.

¹ Recebido para análise em 15.03.2019. Aceito para publicação em 30.09.2019.

² Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Campus Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, s/n, CEP 9840-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

³ Autor para correspondência: Rudinei de Marco - rudineidemarco@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família Meliaceae, o cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) é uma espécie florestal originária da Índia e Malásia, estendendo-se até o Norte da Austrália. A espécie possui crescimento rápido e encontrou condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento no Brasil. Após sua introdução, ainda na década de 80, devido as características de sua madeira o cedro australiano vem destacando-se e ganhando espaço em plantios comerciais, sendo implantado principalmente no Sul da Bahia e na região Sudeste do Brasil (Braz et al., 2013; Migliorini et al., 2015; Lisboa et al., 2016).

A introdução de novas espécies florestais contribui diretamente para o desenvolvimento socioeconômico do país, especialmente pelos seus elevados níveis produtivos (IBGE, 2017).

Para alcançar os níveis de produtividade compatíveis com o potencial da espécie, antes da implantação florestal, há necessidade de se levar em consideração a produção de mudas, visto que mudas adequadas apresentam melhor nível de sobrevivência, arranque inicial e está diretamente ligada à produtividade e qualidade do produto final (Trazzi et al., 2013; Moreira et al., 2016). Para isso, é necessário o entendimento acerca das exigências nutricionais das mudas, uma vez que a fertilização mineral é uma prática comum e essencial nos viveiros (Oliveira et al., 2017), bem como identificar qual o volume de substrato mais apropriado para seu crescimento.

A adubação deve fornecer a quantidade suficiente de nutrientes para a qualidade e o crescimento adequado das mudas, além de repor os nutrientes perdidos por lixiviação. Nesse contexto, Santos et al. (2018) descrevem que a utilização de adubos de liberação lenta e que possuem a capacidade de nutrir a cultura durante seu crescimento com uma única dosagem é vantajoso, pois além da redução das perdas dos nutrientes devido as irrigações frequentes, reduzem os custos com a aplicação parcelada durante o período que as mudas permanecem no viveiro. No entanto, ainda não se tem conhecimento da dosagem adequada para a produção de mudas para muitas espécies florestais, reforçando a necessidade de estudos.

Outro fator que influencia na qualidade de mudas de espécies florestais e também no custo

envolvido é o recipiente utilizado. O tamanho do tubete é um fator relevante na escala produtiva, pois está relacionado ao espaço disponibilizado para o desenvolvimento radicular, assim como a quantidade de nutrientes e água (Stüpp et al., 2015). Para Lisboa et al. (2012) e Freitas et al. (2018), é fundamental estudar qual o tamanho de tubete mais adequado para cada espécie florestal, uma vez que tubetes grandes ocupam maior espaço no viveiro e necessitam de maior quantidade de substrato, ocasionando elevação do custo final de produção da muda. Em contrapartida, dimensões pequenas resultam em menor disponibilidade de água e nutrientes, dificultando o desenvolvimento das mudas.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e a qualidade das mudas de *Toona ciliata* em função de doses de fertilizante de liberação lenta combinadas com diferentes tamanhos de recipientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido por um período de seis meses em casa de vegetação pertencente a Universidade Federal de Santa Maria - Campus Frederico Westphalen – RS. O *Campus* localiza-se na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, conhecida como Região do Alto Uruguai.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 x 5), sendo dois tamanhos de tubetes rígidos: médio (100 cm³) e grande (175 cm³) e cinco doses do fertilizante encapsulado do tipo Basacote 6M[®] (0; 3; 6; 9 e 12 kg m⁻³ de substrato). Cada tratamento foi repetido cinco vezes e cada parcela continha 24 unidades experimentais (tubete com uma muda).

As sementes de *Toona ciliata* foram adquiridas do Laboratório de Silvicultura da Sociedade de Investigações Florestais - SIF, em Viçosa - MG. O lote foi submetido, primeiramente, a uma análise prévia com vistas à eliminação de qualquer impureza presente no mesmo. Na sequência, foi realizada a semeadura de três sementes por tubete e quando as plântulas apresentavam um par de folhas definitivas foi procedido um raleio, deixando-se apenas uma planta por tubete, considerando o aspecto de fitossanidade e vigor.

Como substrato foi utilizado uma composição padronizada de 70% de substrato comercial (Tecnomax®) e 30% de terra de subsolo (mistura adotada por alguns viveiristas da região). A análise química do substrato foi determinada conforme EMBRAPA (1997) (Tabela 1). O solo utilizado na composição do substrato foi classificado como Latossolo

Vermelho (Embrapa, 2006), sendo coletado de uma área em pousio numa camada de 5 a 20 cm de profundidade. A profundidade abaixo de 5 cm foi pensada com objetivo de diminuir o risco de contaminação por sementes indesejáveis. Antes da mistura, o solo foi peneirado em malha de cinco milímetros, com o objetivo de retirar partículas mais grosseiras.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado na produção das mudas de *Toona ciliata*

Table 1. Chemical analysis of the substrate used in the production of *Toona ciliata* seedlings

pH Água	Ca + Mg	Al	H + Al	P	K	Matéria Orgânica
(1:1)	-----	Cmolc dm ⁻³ -----		----	mg dm ⁻³ ----	---- g dm ⁻³ ----
5,74	16,46	0,40	6,12	327,48	453	24

Ao substrato foram acrescentadas as doses de Basacote 6M®, cuja concentração nutricional era constituída de: N=13%; P₂O₅= 6%; K₂O = 16%; Ca = 3,5%; S = 2,3%; Mg = 1%; Fe = 0,45%; Mn = 1,4%; Cu = 0,05%; Zn = 0,05%; e Mo = 0,02%, com previsão de liberação nutricional gradativa para um período de seis meses, conforme rótulo técnico do fabricante.

O estudo foi conduzido por cinco meses (de agosto a dezembro), durante esse período não foram aplicadas fertilizações adicionais às doses testadas. O regime de irrigação ocorreu no período compreendido entre às seis e às dezoito horas, com intervalos de duas horas entre elas. Cada irrigação durou doze minutos, de maneira a totalizar oito milímetros de água por dia, sendo realizada por aspersores acionados por *timer*.

Aos 150 dias após a semeadura avaliou-se a Altura da Parte Aérea - H, medida com régua graduada; Diâmetro do Colo - DC, medido com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm; Massa seca do Sistema Radicular - MSR e da Parte Aérea - MSPA, ambas as frações foram separadas na região do colo da muda e secos em estufa a 60±1°C até massa constante e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 grama. Também foi realizado a quantificação da área foliar (área de superfície foliar), utilizando duas mudas por repetição, que foram escolhidas aleatoriamente. As mudas tiveram suas folhas destacadas e fotografadas, sendo que as imagens digitais foram convertidas para o formato

Computer Aided Design - CAD e com auxílio do comando medição de área desse software foi calculada a área foliar.

Com base nos parâmetros morfológicos mensurados calculou-se a relação existente entre a Altura/Diâmetro do Colo - H/DC, Massa Seca Radicular/Massa Seca Parte Aérea - MSR/MSPA, Altura/Massa Seca Parte Aérea - H/MSPA, e o Índice de Qualidade de Dickson - IQD proposto por Dickson et al. (1960), por meio da equação 1:

$$IQD = \frac{MSPA + MSR}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (1)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e, ao indicarem interação significativa entre os fatores, foram submetidos à análise de regressão do fator quantitativo (doses) dentro de cada nível do fator qualitativo (tubetes). Para os parâmetros sem interação significativa foram desdobrados os efeitos simples, sendo as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e as médias do fator quantitativo submetido à análise de regressão pelo programa SISVAR.

Com a finalidade de estudar o comportamento das funções quadráticas, foi realizada a sua derivada primeira e igualada à zero, para a determinação das doses correspondentes aos pontos de máximo crescimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação significativa ($p \leq 0,05$) entre o tamanho dos tubetes e as doses do fertilizante Basacote 6M[®] para todos

os parâmetros morfológicos mensurados e índice de qualidade das mudas calculado, exceto para a variável altura (Figuras 1 e 2).

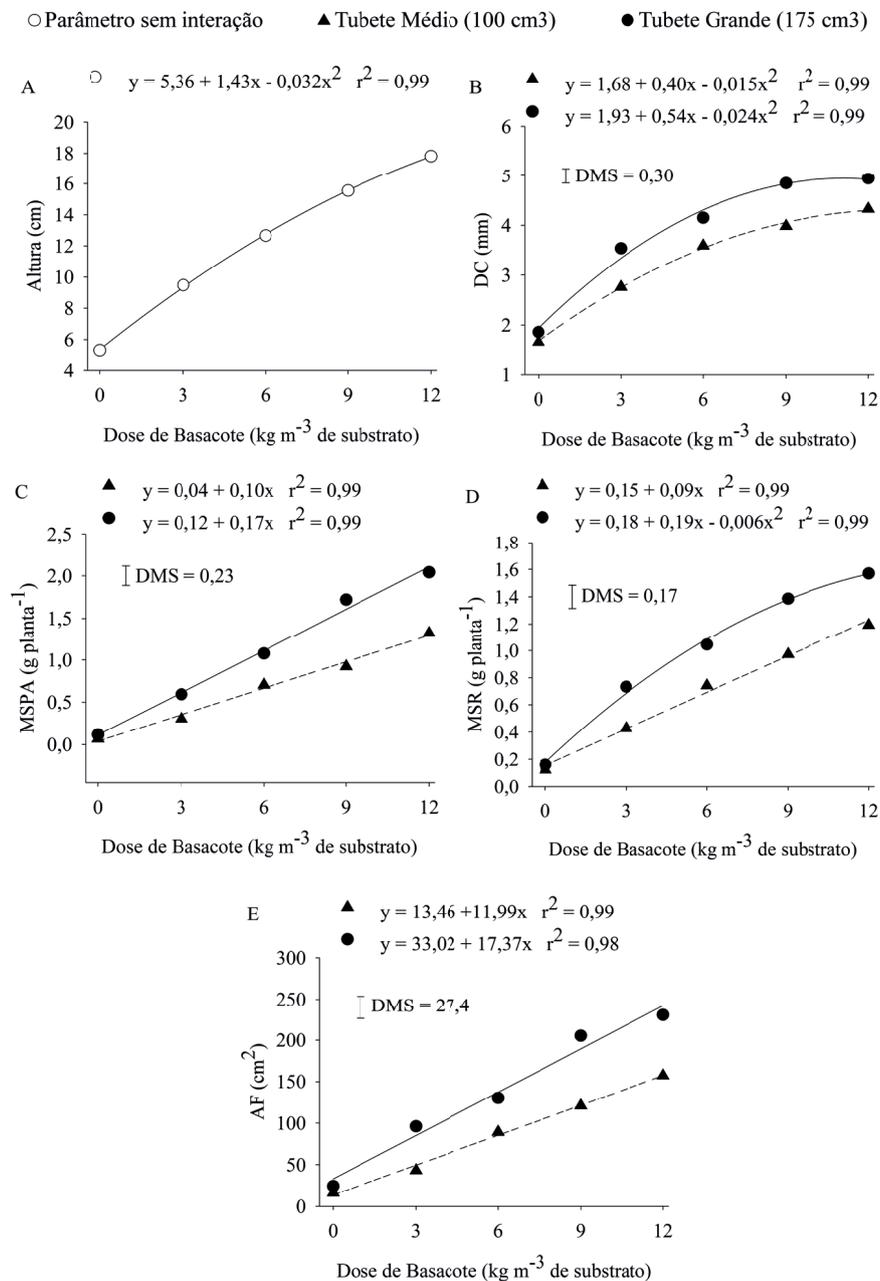


Figura 1. Equações de regressão para a Altura (A), Diâmetro do Colo – DC (B), Massa Seca Parte Aérea – MSPA (C), Massa Seca Radicular – MSR (D) e Área Foliar – AF (E) em mudas de *Toona ciliata*. Ao nível de 5% de probabilidade de erro. Diferença Mínima Significativa - DMS.

Figure 1. Regression equations for the Height (A), Lap Diameter – DC (B), Shoot Dry Mass - MSPA (C), Root Dry Mass - MSR (D), Leaf Area – AF (E) in *Toona ciliata* seedlings. At the level of 5% of probability of error. Least Significant Difference - DMS.

Para a altura das mudas de *Toona ciliata* houve crescimento quadrático crescente conforme o aumento das doses do fertilizante Basacote 6M® (Figura 1A). O tubete grande promoveu significativamente maior crescimento médio das plantas em altura (13,18 a) quando comparado ao tubete médio (11,16 b). Resultados similares foram relatados por Lisboa et al. (2012) em estudo realizado com *T. ciliata*, em que a altura das mudas foi significativamente maior à medida que se aumentou o volume do tubete. Este fato é justificado pelo maior volume de substrato explorado e, conseqüentemente, maior quantidade de nutrientes absorvidos pelas raízes das mudas.

Verificou-se tendência de aumento quadrático do diâmetro do colo com as crescentes doses do fertilizante em ambos os tamanhos de tubete. A estimativa de máximo crescimento (4,9 mm) ocorreu com 11,25 kg m⁻³ de substrato quando utilizado tubete grande, enquanto para o tubete médio o máximo diâmetro do colo foi estimado (4,3mm) com a maior dose utilizada (Figura 1B). De acordo com Gomes e Paiva (2011), para um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea as mudas devem ter maior diâmetro do colo. Sob este enfoque, o tubete grande proporcionou os maiores valores para diâmetro do colo das mudas de *T. ciliata*. Pias et al. (2015) estudando diferentes tamanhos de embalagens (175 cm³ - tubetes de polietileno; 1.000 cm³ - sacos plásticos e 3.000 cm³ - vasos de polietileno) para a produção de mudas de *Cedrela fissilis*, também observaram que o diâmetro do colo foi favorecido quando utilizadas embalagens de maior capacidade volumétrica.

A massa seca da parte aérea das mudas de *T. ciliata* produzidas em tubete grande foi estatisticamente superior ao tubete médio a partir da dose de 3 kg m⁻³ de substrato, sendo que em ambos os tamanhos de tubete a massa seca da parte aérea foi linearmente crescente conforme o aumento das doses de Basacote 6M® (Figura 1C). Estes resultados podem ser justificados devido à espécie *T. ciliata* ser considerada bem responsiva a nutrientes, conforme relato de Fogaça (2010).

Com relação à massa seca radicular, houve aumento linear para as mudas produzidas em tubete

médio, enquanto que, para as mudas produzidas em tubete grande houve tendência de aumento quadrático conforme o acréscimo das doses de Basacote 6M® (Figura 1D). O tubete grande proporcionou maior massa seca radicular a partir da dose de 3 kg m⁻³ de substrato. A maior massa radicular é interessante na produção de mudas, pois expressam melhor desenvolvimento das mudas no campo, conforme observado por Gasparin et al. (2014) em mudas de *Cabralea canjerana*. Nesse contexto, é possível que o tubete médio, por acondicionar menor volume de substrato, ocasione a tendência de limitar antecipadamente o crescimento e número de raízes finas e pêlos radiculares, que potencialmente influenciam na absorção de nutrientes, o que, conseqüentemente, levariam a uma tendência de redução da massa seca do sistema radicular, justificando o resultado do presente estudo.

Foi observada uma tendência linear de aumento para a área de superfície foliar das mudas à medida que aumentaram as doses do fertilizante testado, em ambos os volumes de tubetes (Figura 1E). A área foliar é um parâmetro relevante de análise quanto aos aspectos relacionados à produção e crescimento das plantas, uma vez que está estreitamente relacionada com a interceptação da radiação solar e, conseqüentemente, com a produção de fotoassimilados (Sanqueta et al., 2014; Taiz et al., 2017). É interessante que, sob esta ótica, a utilização de tubete grande e a utilização de fertilizante de liberação controlada proporcionam maior área de superfície foliar em mudas de *T. ciliata*.

A análise das interações existentes entre as relações H/DC, MSR/MSPA, H/MSPA e IQD serviram de base para o estabelecimento de critérios que definissem a qualidade das mudas (Figura 2).

Dentre estas, a relação H/DC foi linear frente às crescentes doses de fertilizante em tubete médio, enquanto que para tubete grande foi observada redução da relação até a dose estimada de 3,5 kg m⁻³, retornando com aumento em doses superiores a esta (Figura 2A).

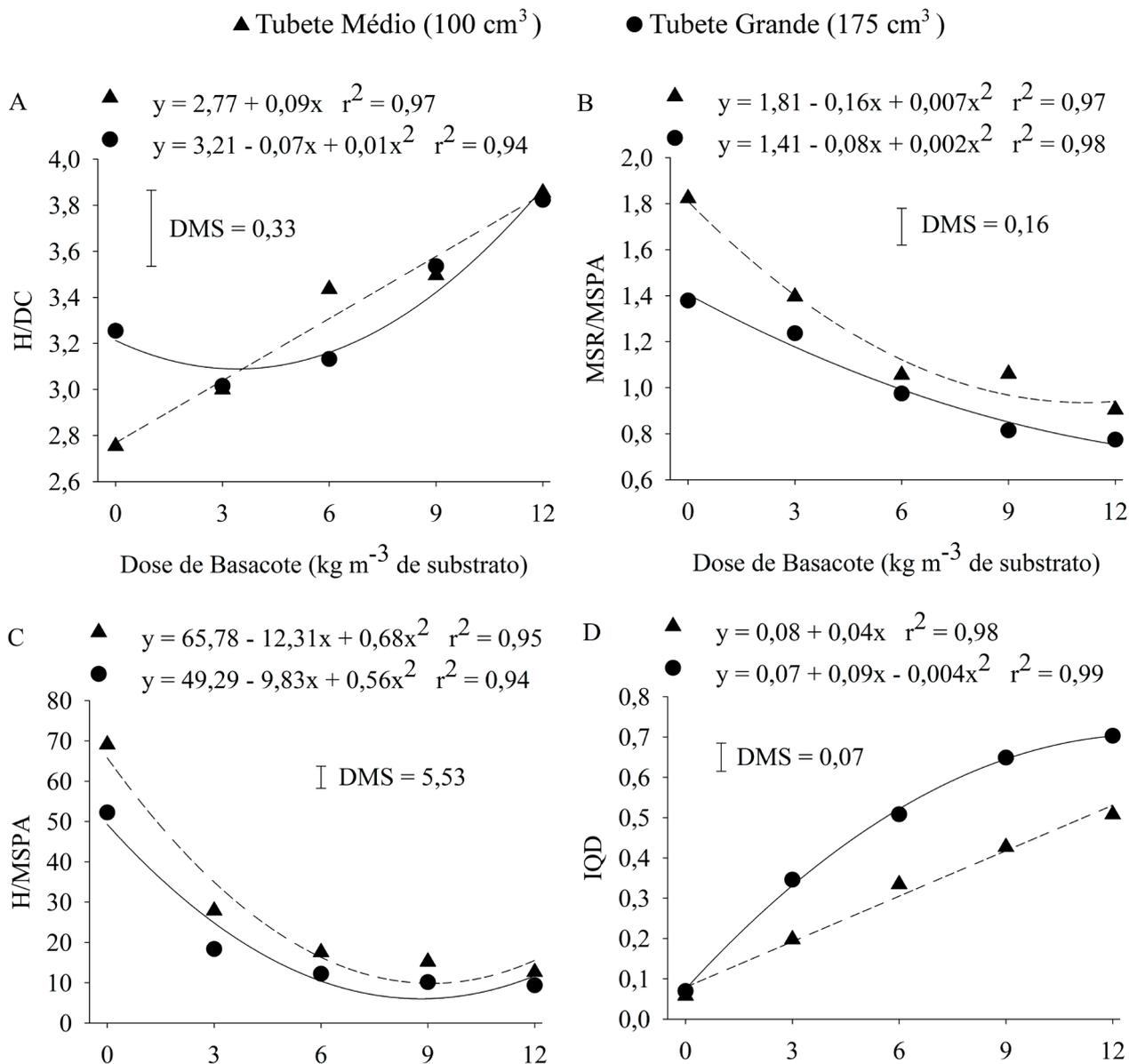


Figura 2. Equações de regressão para relação Altura/Diâmetro do Colo - H/DC (A), Massa Seca Radicular/Massa Seca Parte Aérea - MSR/MSPA (B), Altura/Massa Seca Parte Aérea - H/MSPA (C) e Índice de Qualidade de Dickson - IQD (D) em mudas de *Toona ciliata*. Ao nível de 5% de probabilidade. Diferença Mínima Significativa - DMS.

Figure 2. Regression equations for the relation Height/LapDiameter H/DC (A), Root Dry Mass/Shoot Dry Mass - MSR/MSPA (B), Height/Shoot Dry Mass - H/MSPA (C), Dickson Quality Index - IQD (D) in *Toona ciliata* seedlings. At the level of 5% of probability. Least Significant Difference - DMS.

Para Garcia e Souza (2015), a relação H/DC demonstra o equilíbrio de crescimento entre a altura e o diâmetro do colo das mudas. Os autores comentam ainda que as mudas devem apresentar um diâmetro mínimo em relação à altura da parte aérea, e quanto menor for essa relação melhor será a qualidade das mudas. Neste estudo, a menor relação H/DC foi constatada na dose zero de Basacote 6M[®] em tubete médio e com 3,5 kg m⁻³ de substrato para o tubete grande. Entretanto, estes tratamentos não promoveram resultados mais desejados para os demais parâmetros avaliados. Marana et al. (2015) afirmam que as relações que expressam a qualidade das mudas não devem ser utilizadas isoladamente, chamando a atenção para a possibilidade de ocorrer equívoco se escolhidos apenas esses índices para análise do padrão de qualidade, conforme observado no presente estudo. Dessa forma, os parâmetros utilizados para expressar a qualidade de mudas em determinadas espécies nem sempre se ajustam para outras. Nesse caso, estudos adicionais, inclusive com avaliações do desenvolvimento das mudas de *T. ciliata* a campo, podem estabelecer quais são os critérios e valores que podem ser considerados para a classificação de uma muda de qualidade da referida espécie.

Observou-se redução da relação MSR/MSPA à medida que se aumentou as doses do fertilizante de liberação lenta em ambos os tamanhos de tubete (Figura 2B). A relação MSR/MSPA é uma característica conveniente para a escolha de mudas de boa qualidade, sendo que valores relativamente baixos indicam uma adequada proporção entre o desenvolvimento do sistema radicular e o da parte aérea das mudas. Esta relação é comumente maior em ambientes de baixa fertilidade (Caldeira et al., 2000), como pode ser observado nas menores doses de Basacote 6M[®] testadas neste trabalho. Isso deve-se provavelmente pela planta estimular o maior desenvolvimento do sistema radicular em busca de nutrientes em ambientes de baixa fertilidade. Em contrapartida, é possível afirmar que quanto menor a relação MSR/MSPA mais eficiente foi o sistema radicular para proporcionar o desenvolvimento da parte aérea.

A menor relação H/MSPA foi obtida com a dose estimada de 9,05 e 8,78 kg m⁻³ de substrato, respectivamente para tubetes médio e grande. Quando analisados ambos os tamanhos de recipientes, observou-se que esta relação, quando

em tubete grande, foi estatisticamente inferior ao tubete médio somente na ausência do fertilizante e na dose de 3 kg de basacote m⁻³ de substrato (Figura 2C). De acordo com Gomes e Paiva (2011), quanto menor o quociente obtido pela divisão da altura pela massa seca da parte aérea, mais rusticificada será a muda e maior deverá ser sua sobrevivência após o plantio em campo.

As doses de fertilizante desencadearam uma curva de resposta positiva com tendência linear e quadrática, respectivamente para o tubete médio e para o tubete grande, para o Índice de Qualidade de Dickson - IQD, sendo que o tubete grande foi estatisticamente superior ao tubete médio a partir da dose de 3 kg m⁻³ de substrato (Figura 2D). Com a utilização de 12 kg de basacote m⁻³ de substrato observou-se valores estimados de IQD de 0,56 e 0,57, respectivamente para tubete médio e tubete grande. Vieira et al. (2014) encontraram valores de IQD entre 0,06 e 0,56 para mudas de angico cascudo (*Anadenanthera falcata*), enquanto Gonzaga et al. (2016) encontraram valores entre 0,51 a 0,77 para mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). Neste sentido, pôde-se inferir que o IQD pode variar em função da espécie, manejo das mudas no viveiro, tipo e proporção do substrato, volume do recipiente e da idade em que a muda foi avaliada. No entanto, segundo Gomes e Paiva (2011), quanto maior o valor do IQD, melhor é a qualidade das mudas. No entanto, Luca et al. (2010) relatam que o IQD procura equacionar uma relação de equilíbrio entre altura, diâmetro e fitomassa, e por isso talvez não se possa considerar um valor tanto melhor quanto maior. Luca et al. (2010) afirmam ainda que, de acordo com a fórmula de cálculo do IQD, o maior valor é consequência do maior desenvolvimento em fitomassa das mudas, o que foi conseguido com a utilização das maiores doses de basacote utilizadas.

De forma geral, a utilização de Basacote 6M[®] mostrou-se eficiente como fertilizante para a produção de mudas de *T. ciliata* em tubetes, uma vez que proporcionou considerável aumento dos parâmetros morfológicos e nos padrões de qualidade das mudas estudadas. Em estudo realizado por Pavinato et al. (2014) o uso de fertilizante de liberação lenta também demonstrou ser vantajoso, promovendo melhor crescimento em diâmetro de caule e maior massa seca de mudas de *Pinus elliottii*, uma vez que a liberação

dos nutrientes encapsulados é contínua, reduzindo perdas por lixiviação e mantendo a planta nutrida constantemente durante o período de crescimento.

Quanto à análise do tamanho dos recipientes, o tubete grande proporcionou melhores resultados para a maioria dos parâmetros morfológicos e índices de qualidade das mudas. Provavelmente, isso se deve ao maior espaço físico do tubete grande, favorecendo maior disponibilidade de nutrientes e água. Nesse contexto, as mudas de *T. ciliata* produzidas nos tubetes de maior volume apresentaram melhor desenvolvimento, segundo as variáveis estudadas.

4 CONCLUSÕES

Nas condições desse estudo, o tubete com capacidade volumétrica de 175 cm³ resultou em mudas de *Toona ciliata* de melhor qualidade, em relação ao tubete com volume 100 cm³. As qualidades das mudas foram melhores quanto maior a dose de Basacote 6M[®] empregada, no limite de 12 kg m⁻³ de substrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZ, R.L. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, v. 43, n.4, p. 663-670. 2013.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 161-170, 2000.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, n. 36, p. 10-13, 1960.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- _____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FOGAÇA, C.A. **Nutrientes e fungos micorrízicos arbusculares como fatores limitantes ao crescimento de *Toona ciliata* M. Roem var. *Australis***. 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- FREITAS, T.A.S. et al. Performance of tamboril seedlings produced in three different tube volumes. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 1-9, 2018.
- GARCIA, É.A.; SOUZA, J.P. Avaliação da qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* em função de diferentes aplicações de adubo fosfatado. **Tekhne e Logos**, v.6, n.1, p.51-59, 2015.
- GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabraela canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa. 2011. 116p. (Série Didática).
- GONZAGA, L.M. et al. Recipientes e substratos para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 64-73, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=silvicultura&searchphrase=all>>. Acesso em: 08 jan. 2019.
- LISBOA, A.C. et al. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.
- LISBOA, L.V.R. et al. Avaliação do crescimento e desenvolvimento de *Toona ciliata* var. *australis*, em diferentes substratos e recipientes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 163-173, 2016.

DE MARCO, R. et al. Produção de mudas de *Toona ciliata*

LUCA, E.F.; REBECCHI, R.J.; SCHORN, L.A. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) em viveiro, mediante diferentes técnicas de produção. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 189-199, 2010.

MARANA, J.P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E.P. Qualidade de mudas de jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamento em viveiro. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 275-282, 2015.

MIGLIORINI, P. et al. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de cedro australiano. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 139-145, 2015.

MOREIRA, G.G. et al. A qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* impacta o aproveitamento final de mudas, a sobrevivência e o crescimento inicial. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 24, n. 45, p. 1-5, 2016.

OLIVEIRA, J.M.F. et al. Seedling production *Cattleya eldorado* in substrates with nutritive solution under shading screens. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 114-125, 2017.

PAVINATO, P.S. et al. Growth and nutrient uptake by slash pine seedlings under phosphate fertilizer sources. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 103-109, 2014.

PIAS, O.H.C. et al. Produção de mudas de cedro em função de tipos de recipiente e fontes de fertilizante. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 153-158, 2015.

SANQUETA, C.R. et al. Crescimento de área e índice de área foliar de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. em diferentes condições de cultivo. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, p. 82-89, 2014.

SANTOS, P.L.F. et al. Doses de adubo de liberação lenta no crescimento inicial de mudas de tamarindo. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 137-145, 2018.

STÜPP, Â.M. et al. Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 2, p. 40-47, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TRAZZI, P.A. et al. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S.; SCARAMUZZA, J.F. Influência do vermicomposto no crescimento e na nutrição de mudas de angico cascudo. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, p. 52-61. 2014.

WOOD SPECIES USED IN CRAFT BOATS IN PARÁ STATE – BRAZIL ¹

ESPÉCIES MADEIREIRAS UTILIZADAS EM BARCOS ARTESANAIS NO ESTADO DO PARÁ - BRASIL

Olívia Pereira LOPES^{2,5}; Amélia Guimarães CARVALHO²; Antônio José Vinha ZANUNCIO²;
Márcio Medeiros ALVES³; Eunice Gonçalves MACEDO⁴

ABSTRACT - The fishing activity in the Northern region of Brazil is important for the sustenance of several families; to perform this activity, small boats are used, produced in small yards that have native wood as the main raw material. This study aimed to identify and characterize macroscopically the wood of the species used in boat production in three Brazilian municipalities of the State of Pará: Abaetetuba, Colares and Vigia. For wood identification and study, macroscopic anatomy techniques were used, and at the end, the collected samples were compared with those in the collection of the IAN/EMBRAPA Xylotheque. 19 species were identified, distributed into 13 families and 18 genera. There is a large number of species used in boat production; however, the commonly used species are *Caryocar villosum* and *Lecythis pisonis*.

Keywords: Amazon rainforest; macroscopic identification; secondary xylem.

RESUMO - A atividade pesqueira na região norte do Brasil é importante para o sustento de várias famílias. Para desempenhar esta atividade, são utilizados barcos de pequeno porte, produzidos em pequenos estaleiros que utilizam madeira nativa como principal matéria prima. Este trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar macroscopicamente o lenho das espécies utilizadas na produção de barcos em três municípios brasileiros do Estado do Pará: Abaetetuba, Colares e Vigia. Para o estudo do lenho e identificação utilizaram-se técnicas de anatomia macroscópica e ao final realizamos a comparação das amostras coletadas com as contidas no acervo da Xiloteca IAN/EMBRAPA. Foram identificadas 19 espécies, distribuídas em 13 famílias e 18 gêneros. Há um amplo número de espécies utilizadas na produção dos barcos, no entanto, as comumente utilizadas são as espécies *Caryocar villosum* e *Lecythis pisonis*.

Palavras-chave: Floresta amazônica; identificação macroscópica; xilema secundário.

¹ Recebido para análise em 19.03.2019. Aceito para publicação em 12.07.2019.

² Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Instituto de Ciências Agrárias, Av. XV de Novembro, 501, 38500-000, Monte Carmelo, MG, Brasil.

³ Universidade Federal do Pará - UFPA, Faculdade de Administração, Rua Augusto Corrêa, s/n, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

⁴ Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Tv. Dr. Eneas Pinheiro, 2626, 66095-015, Belém, PA, Brasil.

⁵ Autor para correspondência: Olívia Pereira Lopes - olivia.plopes@ufu.br

1 INTRODUCTION

The Amazon region has several navigable rivers (Teixeira et al., 2017). Therefore, river transport is used by the population for fishing, transportation and commerce, guaranteeing the survival of communities that are difficult to access.

Wood is the main raw material in the manufacture of boats used in Amazon rivers, being selected by artisans according to their hygroscopicity, resistance against xylophagous agents and workability, by daily and empirical observations, passed through the knowledge over generations. Therefore, the precise species selection is fundamental for a correct and safe boat manufacture (Walter et al., 2017).

The correct identification of species, especially the use of the scientific name, allows us to understand how the species being used and provide management plans that can reduce the pressure on these species. Among the forms of identification by anatomy wood is macroscopic identification.

Macroscopic wood identification is the fastest method for the first identification or evaluation of traded wood (Alves et al., 2012); and is based on transverse, radial and tangential plane observations to the eye or with the aid of a magnifying lens up to ten times (Zenid e Ceccantini, 2007). The transverse plane provides the most useful diagnostic information on the type, distribution, and arrangement of axially oriented (vessels and axial parenchyma) wood tissues, including important characteristics of the growth ring (Ruffinato et al., 2015).

This study aimed to identify and characterize macroscopically the wood of the species used in boat production in three Brazilian municipalities of the State of Pará: Abaetetuba, Colares and Vigia.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Study area

The municipalities of Colares, Vigia and Abaetetuba, all located in the State of Pará, are

large boat producers. The selection of artisans or shipyards occurred according to the greater ease of access to the work environment and by indication of people from the community. The samples were collected in one, two and three shipyards in Colares, Abaetetuba and Vigia.

2.2 Sample collection

In the total were obtained 33 samples. The wood samples were obtained from the residues and pieces of sawn wood used in boat production. At the site, owners or employees were asked to identify the collected samples with common name and specify their use in boats.

2.3 Identification and macroscopic description

Four specimens were prepared at dimensions 2x2x2 cm of each sample collected. The specimens were analyzed and described macroscopically observing the transverse, longitudinal tangential and radial planes, using a 10 X magnifying glass and a stereomicroscope. The descriptions followed the recommendations of IAWA COMMITTEE (1989) and COPAN. After description and identification, the samples were compared with those from the collection of the wood collection or Xylarium of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Amazônia Oriental - Belém, Pará).

The macroscopic anatomical images were capture in the transversal and tangential planes, with a digital camera with 8.2 megapixels, coupled to a Stemi sv 11 Zeiss Stereomicroscope.

3 RESULTS

Nineteen species distributed into 13 families and 18 genera were identified (Table 1). The same species was collected under a different common name. Twelve species were identified in Abaetetuba and 9 species in both Colares and Vigia. However, in Vigia, the number of collections was greater when compared to Colares, where the production is not so constant, concentrating on few artisans who work alone.

Table 1. Wood collected in shipyards in the cities of Colares (A), Vigia (B) and Abaetetuba (C), in the State of Pará.

Tabela 1. Madeira coletada em estaleiros nas cidades de Colares (A), Vigia (B) e Abaetetuba (C), no Estado do Pará.

Popular names indicated by artisans	Species identified	Botanical families	Origin*		
			A	B	C
Not identified at the site	<i>Artocarpus</i> sp.	Moraceae	X		
Arara	<i>Aspidosperma</i> cf. <i>album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Apocynaceae			X
Muiracatiara	<i>Astronium</i> cf. <i>gracile</i> Engl.	Anacardiaceae			X
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Moraceae		X	X
Pau D'arco	<i>Caryocar</i> cf. <i>villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae		X	
Piquiá	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	X	X	
Piquiá	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae		X	X
Not identified at the site	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	X		
Angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae			X
Prauíba	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae	X		
Sucupira	<i>Diploptropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	Fabaceae			X
Louro-tamanca	<i>Euplassa pinnata</i> (Lam.) I.M.Johnst.	Proteaceae			X
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Goupiaceae		X	X
Bacuri	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae	X		
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae	X	X	X
Anuerá	<i>Licania</i> cf. <i>heteromorpha</i> Benth.	Chrysobalanaceae	X		
Sapucaia	<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standl.	Sapotaceae		X	X
Itauba	<i>Mezilaurus</i> cf. <i>itauba</i> (Meisn.) Taub.	Lauraceae			
Itauba	Not identified	-		X	X
Timborana	<i>Pseudopiptadenia</i> sp.	Fabaceae		X	
Not identified at the site	<i>Qualea</i> sp.	Vochysiaceae	X		
Tamanca	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al	Araliaceae	X		
Louro-vermelho	<i>Sextonia rubra</i> (Mez) van der Werff	Lauraceae		X	
Acapu	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Fabaceae			X
Sucupira	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Fabaceae			X

*A- Colares, B - Vigia and C - Abaetetuba

The macroscopic description of the species used in the construction of craft boats is described below and, in Figures 1 and 2, are the photos of all samples collected in the 3 shipyards.

Artocarpus sp.

Hard wood to cut, heartwood with a strong yellow color. Axial parenchyma aliform lozenge and vasicentric, showing short confluences involving three or more pores. Pores visible to the naked eye, solitary and multiple of two, many clogged with an

orange substance; frequency of approximately two pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane, and not visible in the tangential plane. Indistinct growth layers, even under a 10x lens (Figure 1, A and B).

Aspidosperma cf. *album* (Vahl) Benth.

Moderately soft wood to cut, yellow heartwood, tending to orange. Axial parenchyma not very contrasted, vasicentric and unilateral, aliform lozenge with short wings, diffuse apotraqueal. Pores

visible to the naked eye, mostly solitary, in diagonal arrangement, few obstructed by a whitish substance, approximately seven pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and not visible tangential plane. Growth layers, marked by tangential fibrous zones (Figure 1, C and D).

Astronium cf. graveolens

Hard wood to cut, light brown heartwood. Axial parenchyma indistinct under 10x lens. Pores little visible to the naked eye, solitary and multiple of two, obstructed by a whitish substance and tyloses; frequency of approximately five pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and not visible the tangential plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones (Figures 1, E and F).

Bagassa guianensis Aubl.

Hard wood to cut, dark yellow heartwood. Axial parenchyma indistinct under 10x lens. Pores visible to the naked eye, mostly solitary, few multiples of two, some obstructed by a yellowish substance or linden; frequency of approximately three pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers marked by darker tangential fibrous zones (Figure 1, G and H).

Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.

Heavy wood, hard to cut, light beige heartwood. Diffuse and diffuse in aggregate apotracheal axial parenchyma, forming short extensions. Pores visible to the naked eye, predominantly multiple of two, some up to four, mostly obstructed by tyloses; frequency of two to three pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and visible in tangential plane. Slightly differentiated growth layers marked by tangential fibrous zones (Figure 1, I and J).

Caryocar villosum (Aubl.) Pers.

Hard wood to cut, yellow-burnt heartwood tending to brown. Diffuse and diffuse in aggregate

apotracheal axial parenchyma, forming irregular fine lines, sometimes visible to the naked eye. Pores visible to the naked eye, solitary and multiple of two to three, mostly obstructed by tyloses; frequency of two to three pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and visible in tangential plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones (Figure 1, K and L).

Dinizia excelsa Ducke

Wood hard to cut, brown heartwood, tending to rosy. Lozenge and winged aliform axial parenchyma, forming long oblique irregular confluences, involving two to four pores, besides the presence of marginal parenchyma. Pores visible to the naked eye, solitary and multiple of two and three, obstructed by a whitish substance; frequency of four to five pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and not visible in the tangential plane, but some irregular storied rays are perceptible. Growth layers, marked by tangential fibrous zones (Figure 1, M and N).

Bowdichia cf. racemosa Ducke

Hard wood to cut, dark brown heartwood, fibrous aspect. Aliform lozenge axial parenchyma, vascentric, forming short irregular oblique confluences. Pores very visible to the naked eye, predominantly multiple of two and three, in radial arrangement, some obstructed by a whitish substance and apparently oily dark substance; frequency of approximately three to five pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and visible in the tangential plane. Indistinct growth layers, even under lens (Figure 1, O and P).

Euplassa pinnata (Lam.) I.M. Johnst.

Wood moderately hard to cut, brown heartwood. Axial parenchyma in lines/scalariform. Pores barely visible to the naked eye, solitary and multiple of two, in tangential arrangement, frequency of two to four pores per mm², diffuse porosity. Very broad rays visible to the naked eye in the transverse plane and visible in the tangential plane. Indistinct growth layers, even under lens (Figure 1, Q and R).

Goupia glabra Aubl.

Wood hard to cut, brown heartwood. Diffuse apotracheal axial parenchyma. Poros visible to the naked eye, mostly solitary, few in diagonal arrangement, some obstructed by a dark substance with oily appearance, presence of

scalariform perforation plates visible under lens, frequency of four to six pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers marked by darker tangential fibrous zones (Figure 1, S and T).

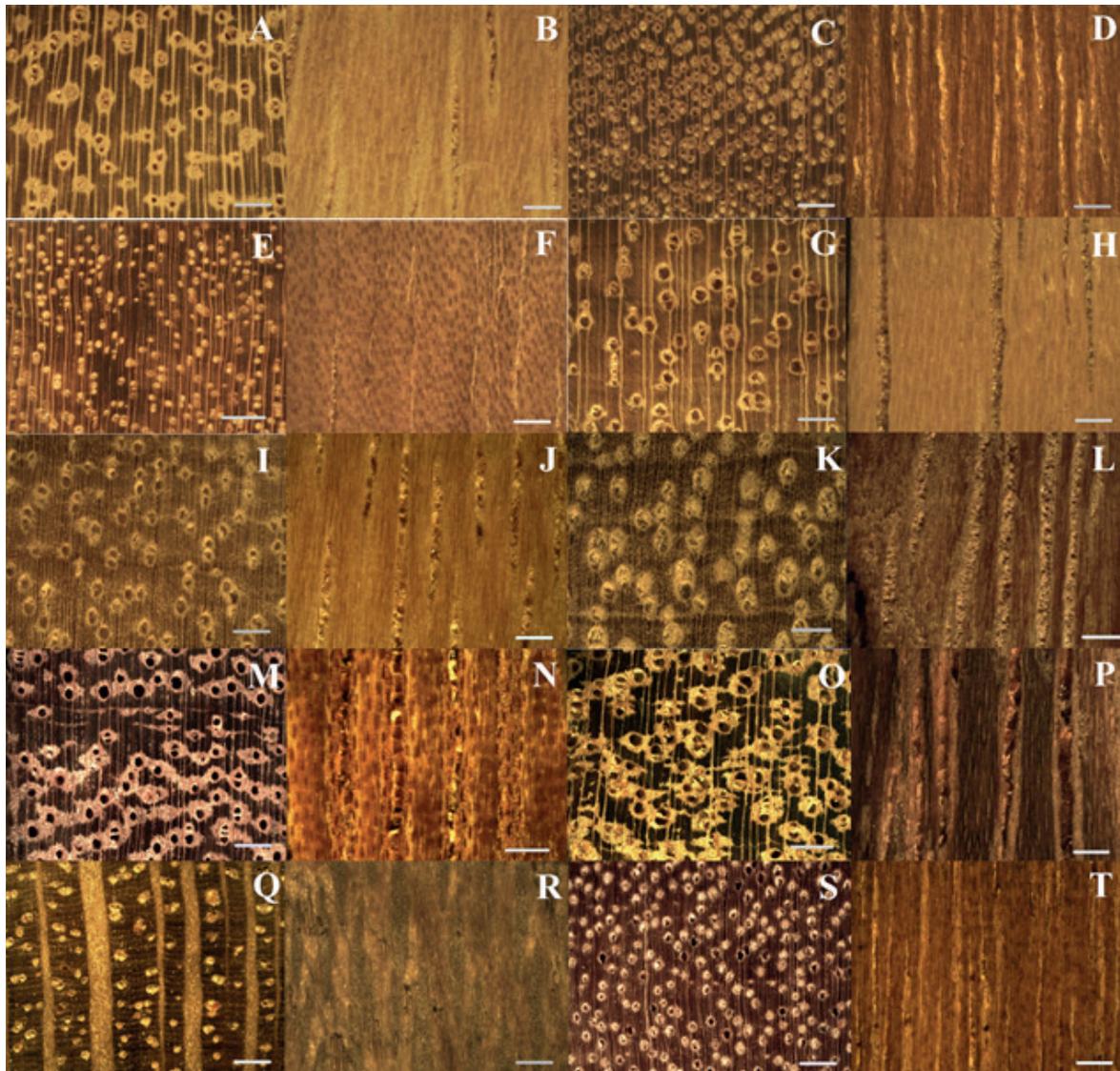


Figure 1. Macroscopy of transverse and longitudinal tangential planes of species found in the cities of Abaetetuba, Colares and Vigia, in the State of Pará. Increase 1.5. Scale 1.5 mm. A and B - *Artocarpus* sp.; C and D - *Aspidosperma* cf. *album*; E and F - *Astronium* cf. *graveolens*; G and H - *Bagassa guianensis*; I and J - *Caryocar glabrum*; K and L - *Caryocar villosum*; M and N - *Dinizia excelsea*; O and P - *Bowdichia* cf. *racemosa*; Q and R - *Euplassa pinnata*; S and T - *Goupia glabra*.

Figura 1. Macroscopia dos planos transversal e longitudinal tangencial das espécies estudadas. Aumento 1,5. Escala 1,5 mm. A e B - *Artocarpus* sp.; C e D - *Aspidosperma* cf. *album*; E e F - *Astronium* cf. *graveolens*; G e H - *Bagassa guianensis*; I e J - *Caryocar glabrum*; K e L - *Caryocar villosum*; M e N - *Dinizia excelsea*; O e P - *Bowdichia* cf. *racemosa*; Q e R - *Euplassa pinnata*; S e T - *Goupia glabra*.

Lecythis pisonis Camb.

Wood hard to cut, brownish-orange heartwood. Axial parenchyma in slightly wavy lines, tending to form the reticulate parenchyma. Pores visible to the naked eye as white dots in the transverse plane, solitary and multiple of two, in radial arrangement, obstructed by a whitish substance and tyloses, frequency of two to three pores per mm², diffuse porosity. Some samples had traumatic resin canals and can be seen in all three planes. Rays not visible to the naked eye in the transverse plane and visible in the tangential plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones and by the approximation of axial parenchyma lines (Figure 2, A and B).

Licania cf. *heteromorpha* Benth.

Wood hard to cut, dark brown heartwood. Axial parenchyma in slightly wavy lines. Pores visible to the naked eye, mostly solitary; frequency of approximately three pores per mm², diffuse porosity. Rays barely visible, even under lens in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones (Figure 2, C and D).

Manilkara amazonica (Huber) A. Chev.

Wood hard to cut, brown heartwood tending to reddish. Axial parenchyma in wavy lines, eventually interrupted. Pores visible to the naked eye, mostly multiples of three, some to four, in radial arrangement; pores obstructed by a whitish substance; frequency of five to seven pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones (Figure 2, E and F).

Mezilaurus cf. *itauba* (Meissn.) Taub.

Wood hard to cut, dark brown heartwood tending to yellowish-green. Axial parenchyma undifferentiated under 10x lens. Pores little visible to the naked eye, most multiple of two, three or more, presence of tyloses, radial arrangement; frequency of approximately seven to eight pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers barely differentiated, marked by tangential fibrous zones (Figure 2, G and H).

Pseudopiptadenia sp.

Wood hard to cut, light brown heartwood. Vasicentric paratracheal axial parenchyma. Pores slightly visible to the naked eye, solitary and multiple of two and three, in radial and diagonal arrangement, some obstructed by a substance of dark color, apparently oily, frequency of four to six pores per mm², diffuse porosity. Rays barely visible to the naked eye in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers marked by tangential fibrous zones. Some blackish deposits were observed in the radial and tangential planes (Figure 2, I and J).

Qualea sp.

Wood hard to cut, dark brown heartwood. Paratracheal parenchyma poorly contrasted even under 10x lens, winged aliform, forming few short confluent. Pores hardly visible to the naked eye, solitary and multiple of two and three, some obstructed by tyloses; frequency of approximately five to six pores per mm², diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Growth layers marked by darker tangential fibrous zones (Figure 2, K and L).

Schefflera morototoni (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin

Wood soft to cut, whitish to light gray heartwood, showing visible brightness in the radial plane. Indistinct axial parenchyma under 10x lens. Pores visible to the naked eye, solitary and multiple of three, some obstructed with a substance of dark color, possibly due to the fact that the collected samples have numerous holes caused by xylophage agents, diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Indistinct growth layers even under 10x lens (Figure 2, M and N).

Sextonia rubra (Mez) van der Werff

Wood moderately soft to cut, dark brownish to slightly reddish heartwood. Vasicentric axial parenchyma, scarcely lozenge aliform, slightly differentiated even under 10x lens. Pores visible to the naked eye, solitary and multiple of two, some of three, some in diagonal pattern; frequency of three to five pores per mm², mostly obstructed by tyloses or an oily substance, diffuse porosity. Rays visible to the naked eye in the transverse plane and visible in the tangential plane. Indistinct growth layers even under 10x lens (Figure 2, O and P).

Vouacapoua americana Aubl.

Wood hard to cut, dark brown heartwood. Lozenge aliform axial parenchyma, forming short oblique confluent and marginal parenchyma bands. Pores visible to the naked eye, mostly solitary, few multiples of two and three; frequency of three to five pores per mm², diffuse porosity. Rays visible only under 10x lens in the transverse plane and not visible in the tangential plane. Indistinct growth layers even under 10x lens (Figure 2, Q and R).

Unidentified wood

Hard wood to cut, dark brown heartwood tending to yellowish-green. Scanty axial parenchyma. Pores visible to the naked eye, multiples of two and/or three obstructed by tyloses, frequency of five to seven pores per mm², in radial arrangement, diffuse porosity. Rays barely visible to the naked eye in the transverse plane and visible in tangential plane, showing signs of stratification in the tangential plane. Indistinct growth layers even under 10x lens (Figure 2, S and T).

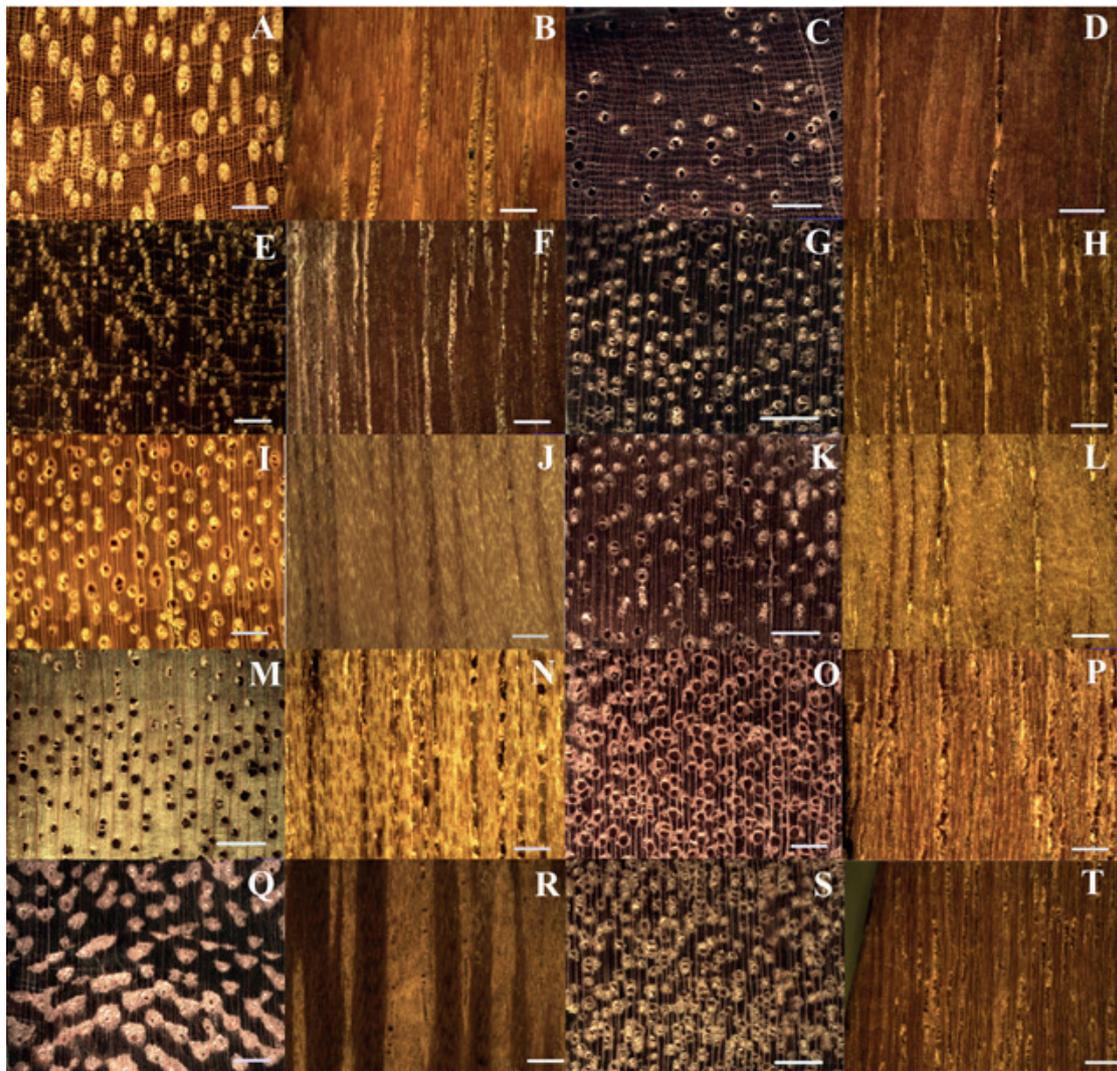


Figure 2. Macroscopy of transverse and longitudinal tangential planes of the studied species. Increase 1.5. Scale 1.5 mm. A and B - *Lecythis pisonis*; C and D - *Licania cf. heteromorpha*; E and F - *Manilkara amazonica*; G and H - *Mezilaurus cf. itauba*; I and J - *Pseudopiptadenia* sp.; K and L - *Qualea* sp.; M and N - *Schefflera morototoni*; O and P - *Sextonia rubra*; Q and R - *Vouacapoua americana*; S and T - Unidentified wood.

Figura 2. Macroscopia dos planos transversal e longitudinal tangencial das espécies estudadas. Aumento 1.5. Escala 1.5 mm. A e B - *Lecythis pisonis*; C e D - *Licania cf. heteromorpha*; E e F - *Manilkara amazonica*; G e H - *Mezilaurus cf. itauba*; I e J - *Pseudopiptadenia* sp.; K e L - *Qualea* sp.; M e N - *Schefflera morototoni*; O e P - *Sextonia rubra*; Q e R - *Vouacapoua americana*; S e T - madeira não identificada.

4 DISCUSSION

The following species were the most used in boat manufacture and found in all municipalities visited: *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. and *Lecythis pisonis* Cambess. The Fabaceae family and the genus *Caryocar* (Caryocaraceae family) had the largest number of species.

Each species has a certain use in the boats produced in the shipyards. The species of the genus

Caryocar are used in the vertical frame for their resistance, workability and good receptivity to screws, whereas *Lecythis pisonis*, *Manilkara amazonica* and *Licania heteromorpha* are used in the keel and stem, mainly due to their high mechanical resistance. With regard to lining, cover and other finishes, the identification showed that a greater number and diversity of species is being used. Figure 3 shows the species mostly used in each boat structure.

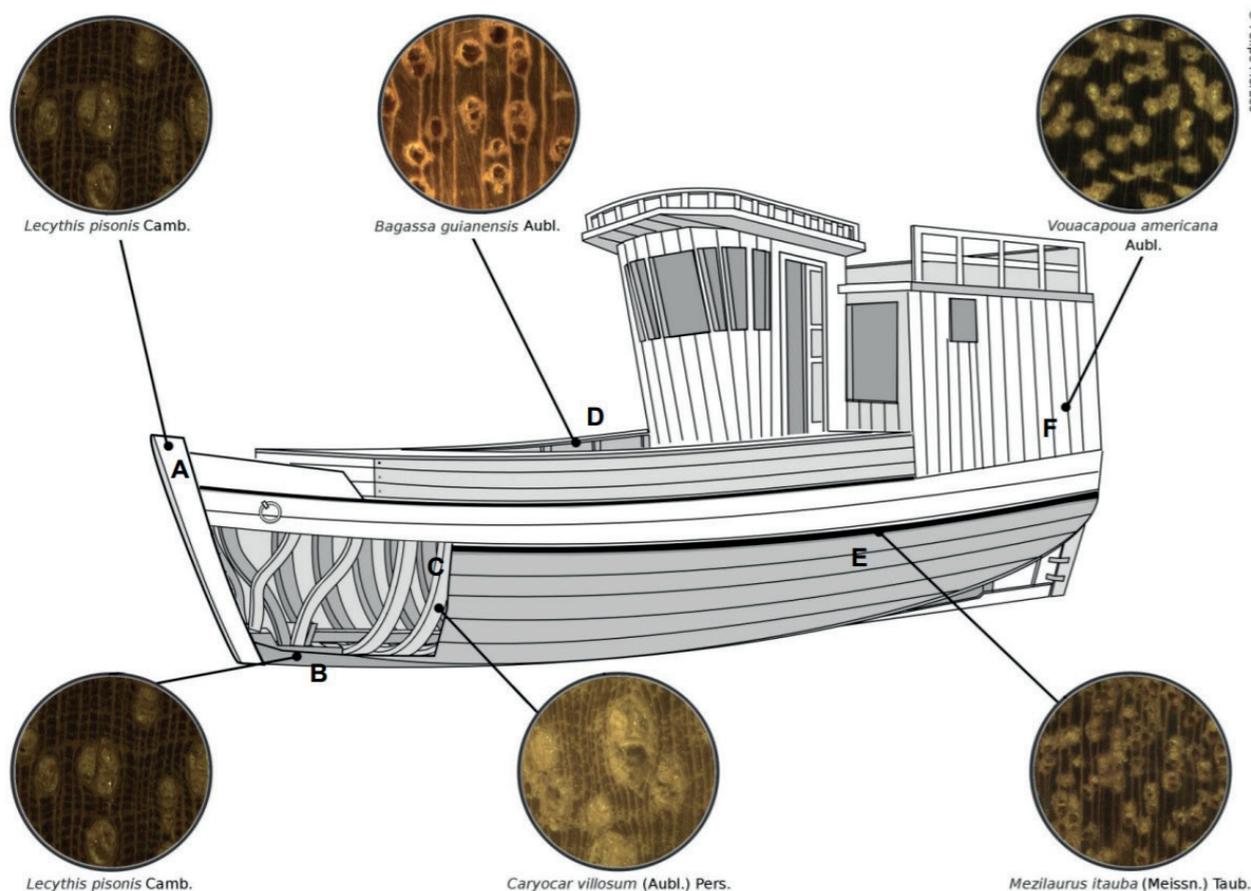


Figure 3. Main species, macroscopically identified, used in boat making.

*A- Stem; B- Keel; C- Vertical frame; D- Cover; E- Lining; F- Gallery.

Figura 3. Principais espécies, identificadas macroscopicamente, usadas na fabricação de barcos.

*A- Talhamar; B- Quilha; C-Braçame (Cavername); D- Cobertura; E- Forro; F- Casinhola.

The species identified as *Manilkara amazonica*, commercially known as Maçaranduba, was collected with the vernacular name of Sapucaia, common to *Lecythis pisonis* species. The species *Manilkara amazonica* has a high density of 0.84 g/cm³ (Iwakiri et al., 2016a), and it is indicated for the production of laterally glued panels (Bila et al., 2016).

The species of the genus *Caryocar* were collected as Piquiá, independent of the species, or Pau D'arco, name commonly given to the species of the genus *Handroanthus*. The *C. villosum* species is indicated for structural components of boats. Iwakiri et al. (2012) showed the technical feasibility of using *C. villosum* from tropical rainforests in the Amazon, also in the production of particleboards.

Lecythis pisonis was collected with the vernacular name of Sapucaia, which is its most common popular name, yet it was also collected as Bacuri, which is the popular name commonly given to *Platonia insignis*, a species of the Clusiaceae family. Since species such as *Caryocar glabrum*, *C. villosum*, *Dinizia excelsa*, *Lecythis pisonis*, *Manilkara amazonica* are considered heavy woods, with medium to high mechanical resistance, good durability and high resistance to attack by xylophagous agents, they are species suitable for constructions and use (Mainieri and Chimelo, 1989).

The species *Vouacapoua americana* was collected under the name of Acapu, which really matches its best-known popular name. However, it was also collected with the vernacular name of Sucupira, the usual name for the species *Bowdichia* cf. *racemosa*. According to Amusant et al. (2014), the species *Vouacapoua americana* has high density and high resistance to rotting, its wood is associated with high extractive content and basic density.

Dinizia excelsa was collected with the vernacular name of Angelim-vermelho, its most common vernacular name; however, the vernacular name of Pracuúba, usually given for the species *Mora paraensis* was also used. *Dinizia excelsa* is a wood with high density, a strong unpleasant smell, which tends to disappear over time, has difficult workability, but a great finish (Zenid et al., 2009); it is recommended for the production of laterally glued panels (Iwakiri et al., 2016b), commercialized in the Brazilian market as woods for civil construction, shipbuilding and rustic furniture (Mesquita et al., 2009).

The species *Bowdichia* cf. *racemosa* was collected by its most common popular name, Sucupira. It can assume other nomenclatures, such as sucupira-preta, sucupira-roxa, sucupira-da-terra-firme; it has high density, difficult workability and high resistance to attack by xylophagous organisms. It is used in civil construction, furniture and boats (Zenid et al., 2009).

The wood of *Licania heteromorpha*, mainly known by the usual names Nuerá and Anauerá, was collected with the name of Anauerá. This wood has low resistance when in contact with the soil and/or moisture (fresh water). It is mainly used in naval carpentry and construction; since it is subject to warping, it must be used in pieces that do not require a perfect finish (Gonzaga, 2006).

Sextonia rubra was collected with the name of Louro Vermelho; this is its most common vernacular name. *Sextonia rubra* is resistant to termite-induced degradation (Rodrigues et al., 2011). According to the IPT (2003), the wood is used mainly in civil construction, as in stops, doors and windows, and structurally as slats and secondary structure parts.

The species identified as *Goupia glabra* was collected by its most common popular name, cupiúba. *Goupia glabra* wood is indicated for both shipbuilding and civil construction, and the species is used in the medicinal area against malaria, syphilis and worm (Gurgel et al., 2015). Hirai et al. (2007) studied 84 ha of dense dryland forest in the municipality of Paragominas, in the State of Pará – Brazil. *Goupia glabra* was one of the most representative species in the forest structure; the authors found that the growth of the species is fast and that trees are well distributed in diametric grades from 45cm in diameter; however, only 54% of these trees have excellent-quality shavings for wood production.

The wood of *Aspidosperma* cf. *album* was collected as Arara, which is one of its most common names; besides, the species is also known as Peroba marfim, Araracanga, Peroba, Guatambu, among others.

The species *Astronium* cf. *graveolens* and *Bagassa guianensis* were collected by their vernacular names of Muiracatiara and Tatajuba, respectively. *Bagassa guianensis* is very resistant to the attack of marine insects and molluscs, thus having great potential for external use (Embrapa Amazônia Oriental, 2004). *Astronium* has high-density wood and is widely used in products that require dimensional stability, such as luxury furniture, floors, carpentry and woodworking in general (Loureiro et al., 2000).

Mezilaurus itauba and *Pseudopiptadenia* sp. were collected with the popular names of Itauba and Timborana, respectively; these are their most common vernacular names. The wood of *Mezilaurus itauba* has high resistance to the fungi *Lenzites trabea* and *Pycnoporus sanguineus*, as well as high resistance to the attack of the termite *Nasutitermes* sp. (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Centro de Pesquisas de Produtos Florestais - INPA/CPFF, 1991). Itauba is a wood suitable for boats (INPA/CPFF, 1991), as well as *Pseudopiptadenia* sp. (Santini Junior, 2013).

Morototó, caxeta, caixeta, mandiocão-as-mata, mandioqueira, are the main popular names associated with the species *Schefflera morototoni*. However, the wood was collected with the name of tamanca. According to Macieira et al. (2014), this wood is very mild, susceptible to fungal and insect attack; it is indicated for non-structural uses such as broomsticks, crates, construction, light packaging, crates, spatula for ice cream, rafts, pencils, woodworking, door knocker, furniture, frame, panel, toothpicks and matches, among others.

Euplassa pinnata, popularly known as Louro-faia, was collected by the vernacular name of Loura-tamanca. Its wood is considered of low durability and easy workability (IPT, 1989).

Three samples were not identified with their popular name in the shipyards and were identified in this study as *Caryocar villosum*, already found in other yards and two new ones, one *Qualea* sp. and another *Artocarpus* sp. *Qualea* wood has low resistance to attack by xylophagous organisms, and it is considered moderately susceptible to termite attack and susceptible to marine perforators (Zenid et al., 2009), therefore, it is not so interesting for use in boats.

5 CONCLUSIONS

- Nineteen species belonging to 13 families and inserted in 18 genera were identified in the craft boats of Paraense artisans;
- The most used were *Caryocar villosum* and *Lecythis pisonis*;
- With this study, it was possible to observe that even the artisans who work for many years with the region's woods make mistakes in the identification of the wood used, giving vernacular names that do not correspond to the identified species.

REFERENCES

- ALVES, R.C. et al. Caracterização anatômica macroscópica de madeira folhosas comercializadas no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v.19, n. 3, p. 352-361, 2012.
- AMUSANT, N. et al. Diversity of decay resistance strategies of durable tropical woods species: *Bocopa prouacensis* Aublet, *Vouacapoua americana* Aublet, *Inga alba* (Sw.) Wild. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 94, p.103-108, 2014.
- BILA, N.F. et al. Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Floresta**, v.46, n. 4, p. 455-464, 2016.
- EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Espécies arbóreas da Amazônia N° 5: Tatajuba, *Bagassa guianensis***. Brasil: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.
- GONZAGA, A.L. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p.
- GURGEL, E.S. et al. **Conhecendo Espécie de Plantas da Amazônia: Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl. – Goupiaceae)**. Brasil: Embrapa Amazônia Oriental, 2015 (Comunicado Técnico n. 262).
- HIRAI, E.H.; CARVALHO, J.O.P. DE; PINHEIRO, K.A.O. Comportamento populacional de Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda Rio Capim, Paragominas (PA). **Rev. ciênc. agrár.**, n. 47, p. 89-101, 2007.
- IAWACOMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, p. 220-332, 1989.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / CENTRO DE PESQUISA DE PRODUTOS FLORESTAIS – INPA/CPFF. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características e utilização - Área da Hidrelétrica de Balbina**. Manaus: INPA/CPFF, 1991. 163p.
- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2ª ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p. (publicação IPT n. 1791).
- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: IPT, 2003. 59 p.
- IWAKIRI, S. et al. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 59-64, 2012.
- IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis aglomerados com misturas de seis espécies de madeiras da Amazônia e *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 259-267, 2016a.

IWAKIRI, S. et al. Potencial de uso de madeiras de *Dinizia excelsa* Ducke e *Protium puncticulatum* J.F.Macbr para produção de painéis EGP. **Sci. For.**, v. 44, n. 111, p. 709-717, 2016b.

LOUREIRO, A.A.; FREITAS, J.A. DE; RAMOS, K.B.L. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: MCT/INPACPPF, 2000. v. 4, 191 p.

MACIEIRA, A.P. et al. **Conhecendo Espécie de Plantas da Amazônia: Morototó (*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyererm. & Frodin - Araliaceae)**. Brasil: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. (Comunicado Técnico n. 245).

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT. 1989. 241 p.

MESQUITA, M.R.; FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C. Angelim vermelho, *Dinizia excelsa* Ducke, Fabaceae. In: FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C. (Ed.). **Manual de Sementes da Amazônia**. Manaus: INPA, 2009. Fascículo 8. 12p.

RODRIGUES, A.M.S. et al. The termiticidal activity of *Sextonia rubra* (Mez) van der Werff (Lauraceae) extract and its active constituent rubrynolide. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1420-1423, 2011.

RUFFINATTO, F.; CRIVELLARO, A.; WIEDENHOEFT, A.C. Review of macroscopic features for hardwood and softwood identification and a proposal for a new character list. **IAWA J.** v. 36, p. 208-241, 2015.

SANTINI JUNIOR, L. **Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no Estado de São Paulo** – Programas “São Paulo Amigo da Amazônia” e “Cadmadeira”. 2013. 272 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TEIXEIRA, A.S. et al. Gestão da Inovação Portuária na Amazônia: Proposta de Remodelagem de Transporte dos Ribeirinhos no Rio Madeira. **RASI**, v. 3, n. 2, p. 188-204, 2017.

WALTER, Y. et al. Artisanal boat building in brazilian shores: craftsmen, boatyards, and manufacturing process. **International Journal of Advances in Engineering & Technology**. v. 10, n. 6, p. 572-584, 2017.

ZENID, G.J.; CECCANTINI, G.C.T. **Identificação Macroscópica de Madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT: São Paulo, 2007. 24 p.

ZENID, G.J. et al. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2 ed. São Paulo: IPT, 2009. 99p. (IPT publicação n. 3010).

ANÁLISE DA TENDÊNCIA PELO MÉTODO QUANTITATIVO DE SÉRIES TEMPORAIS DOS PREÇOS DEFLACIONADOS DE MADEIRA LAMINADA COLADA E SUAS MATÉRIAS PRIMAS ¹

ANALYSIS OF DEFLATED PRICES AND ITS TREND OF GLULAM AND ITS MAIN RAW MATERIALS BY THE QUANTITATIVE TIME SERIES METHOD

Ernesto Augusto GARBE^{2,3,5}; Jorge Luis Monteiro de MATOS³; Delcio PEREIRA³; José Guilherme PRATA²; Humberto ÂNGELO⁴; Romano TIMOFEICZYK JUNIOR²; José Eduardo Flores RIVERA³

RESUMO - A madeira é um dos principais materiais de construção do homem e, conseqüentemente, existe uma forte demanda por madeiras com propriedades uniformes e economicamente viáveis, tais como a Madeira Laminada Colada - MLC, em áreas de constante crescimento, assim como na construção civil e na indústria moveleira. No entanto, apesar da sua ampla cobertura florestal, suficiente para sustentar as necessidades do mercado de suprimentos da matéria prima da MLC, o Brasil ainda possui um mercado praticamente inexistente para este tipo de material. Diante disso, este estudo tem o objetivo de avaliar os preços praticados no mercado da MLC, assim também como os das suas principais matérias primas no Brasil, para assim desenvolver tendências que possam ajudar a determinar a viabilidade do mercado da MLC no país. Foram determinados os preços das matérias primas mais relevantes, *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*, os preços dos produtos com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e validados em contatos com os produtores. Dessa maneira foi aplicada uma metodologia de deflacionamento que permitiu desenvolver tendências e previsões da evolução desses preços nos próximos anos. Os resultados obtidos identificaram que a Madeira Laminada Colada de pínus e de eucalipto está em leve tendência de crescimento e ao mesmo tempo o custo de matéria prima em tendência em decrescimento, o que pode ser fator de competitividade para os produtores.

Palavras-chave: vigas laminadas; *Pinus taeda*; *Eucalyptus grandis*; deflacionamento; madeira serrada.

ABSTRACT - Wood is one of the main building materials of man and, consequently, there is a strong demand for wood with uniform and economically viable properties, such as glulam, in areas of constant growth such as construction and wood furniture industry. However, despite its large forest cover, sufficient to support the needs of glulam's raw material supply market, Brazil still has a virtually non-existent market for this type of material. Therefore, this study aims to evaluate the prices practiced in the glulam market, as well as those of its main raw materials in Brazil, in order to develop trends that can help determine the viability of the glulam market in the country. The prices of the most relevant raw materials, *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* were determined, as well as the prices of the products based on bibliographic information, *benchmarking*, and validated in contact with producers, and thus a deflation methodology was applied, which allowed the development of trends and forecasts of the evolution of these prices in the coming years. The results obtained identified that the glued laminated wood of pine and eucalyptus is in a slight tendency of growth and at the same time, the cost of raw material in a decreasing tendency, which can be competitiveness factor for the producers.

Keywords: laminated beams; *Pinus taeda*; *Eucalyptus grandis*; deflation; lumber.

¹Recebido para análise em 20.08.2019. Aceito para publicação em 21.11.2019.

²Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, UFPR - CIFLOMA, Engenharia Florestal, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil.

³Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ensino do Planalto Norte, UDESC - CEPLAN, Departamento de Tecnologia Industrial, Rua Luiz Fernando Hastreiter, nº 180, Centenário, 89290-000, São Bento do Sul, SC, Brasil.

⁴Universidade de Brasília - Pós-Graduação em Ciências Florestais, Campus Universitário Darcy Ribeiro, s/n. CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil

⁵Autor para correspondência: Ernesto Augusto Garbe - ernestoaugustogarbe@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma ampla cobertura florestal, a qual vem sendo gradativamente aumentada devido às eficientes técnicas silviculturais e de manejo, tendo resultado no aumento da produtividade de madeira a partir das florestas de rápido crescimento, capaz de suprir as necessidades da indústria de base florestal, nos seus mais variados segmentos, entre os quais sobressaem a indústria de móveis e da construção civil.

Um dos setores que mais tende a crescer é o de madeiras compostas a partir de pequenos elementos. A Madeira Laminada Colada - MLC possui um mercado enorme que praticamente não existe no Brasil, apesar da necessidade de madeira com propriedades uniformes, exigida pela indústria moveleira, bem como as características técnicas, econômicas e estéticas necessárias à construção civil.

A madeira é sempre apresentada como um dos mais importantes materiais de construção utilizados pelo homem. A escassez de espécies tradicionais, a crescente preocupação pela conservação dos recursos florestais e os elevados custos finais dos materiais de construção, intensificou a busca de madeiras alternativas, que tivessem assegurado o seu suprimento, a qualidade e o nível dos preços. Estes elementos, associados à redução da pressão sobre as florestas nativas, fizeram das madeiras de reflorestamento a resposta ideal para a demanda de madeiras para o uso em construção civil, especialmente em estruturas. A Madeira Laminada Colada tem se mostrado como alternativa promissora para um melhor aproveitamento dos recursos florestais brasileiros. Seu comportamento mecânico, manutenção dos padrões de estética da madeira serrada e possibilidade de obtenção de formas diferenciadas, com dimensões praticamente ilimitadas, sugere que este material seja mais bem explorado por arquitetos, engenheiros e pesquisadores nacionais (Calil Neto, 2011).

O conhecimento deste mercado e do mercado de suprimentos de matérias primas e espécies de madeira utilizadas torna-se então, uma importante ferramenta para avaliação da viabilidade deste tipo de empreendimento, gerando com isso maior valor econômico ao setor. Além disso, o conhecimento dos preços evita uma desvalorização dos produtos e a maximização da competitividade e dos resultados dos produtores.

O objetivo principal do presente estudo é avaliar os preços praticados no mercado da MLC, assim também como os das suas principais matérias primas no Brasil, para assim desenvolver tendências que possam ajudar a determinar a viabilidade do mercado da MLC no Brasil.

Foram utilizados dados de mercados de produtos finais e de suprimentos, e assim, foi possível determinar a evolução e previsão dos preços. Foi determinado o preço da MLC, transformado em R\$/m³ de produto acabado, foram listadas as espécies de madeira utilizadas pelos produtores do Brasil; foram avaliados os preços médios praticados para as madeiras mais utilizadas, com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e contatos com fabricantes. Os preços foram deflacionados e com base nestes, feita linha de tendência em método quantitativo de séries temporais. Verificou-se a evolução de preços favoráveis às indústrias de Madeira Laminada Colada.

1.1 Madeira Laminada Colada

As estruturas de madeira possuem qualidades excelentes sob muitos aspectos. Vantagens construtivas como rapidez e facilidade de montagem devido ao baixo peso próprio de cada componente, beleza arquitetônica, baixo custo, alto grau de industrialização, além de ser o sistema construtivo menos agressivo ao meio ambiente são alguns exemplos de benefícios que este tipo de estrutura pode propiciar (Calil Neto, 2011).

Para Stamato (1998), o enfraquecimento das seções de madeira maciça devido à existência de defeitos naturais do crescimento da árvore levou ao surgimento de produtos derivados de lâminas de madeira. A Madeira Laminada Colada - MLC é o produto resultante da colagem de lâminas de madeira, com suas fibras orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da peça (Moody e Liu, 1999).

A grande vantagem da MLC é a possibilidade da utilização de lamelas de melhor qualidade nas regiões de alta solicitação e lamelas de qualidade inferior nas regiões de menor solicitação. Para Azambuja (2006) esta característica possibilita a fabricação de elementos estruturais com qualidade e confiabilidade superior à da madeira sã, pois as lâminas de menores dimensões permitem uma classificação mais precisa com relação a

seus defeitos, como nós e medulas, ocorrendo o descarte das peças de qualidade insatisfatória.

Embora seja um dos mais antigos produtos resultantes da colagem de lâminas, a MLC ainda não é um material plenamente empregado nas construções brasileiras, resultado da pequena tradição no seu uso, elevados custos e reduzido número de empresas envolvidas em sua fabricação (Calil Neto, 2011).

No entanto, há um grande mercado a ser explorado no Brasil. Também se pode dizer que em termos de suprimentos de madeira, temos em nosso país, toda disponibilidade e produtividade florestal necessária. O desenvolvimento deste produto se dará com a qualificação do produto e matérias primas às especificações internacionais, bem como com a difusão do conhecimento do produto na sociedade. Para que haja a difusão do conhecimento entre as pessoas é necessário que se tenha mais empresas produzindo este tipo de material e, portanto, haja mais localidades que disponibilizem Madeira Laminada Colada no Brasil (Olga, 2015).

1.2 Exemplos de Estruturas de Madeira Laminada Colada

A seguir serão apresentados três exemplos relevantes de aplicações da Madeira Laminada Colada em grandes estruturas, que hoje em dia recebem a visita de milhares de pessoas.

1.2.1 Parque de Exposições de Brasília

A logística desta obra teve grande influência inclusive no projeto arquitetônico. A curvatura e o comprimento de cada parte da estrutura tiveram que ser projetados de tal forma que coubessem em um caminhão, sem atingir a altura limite de nenhum viaduto existente no percurso da fábrica, próxima a Porto Alegre, até a cidade de Brasília, como se pode observar na Figura 1 (Mello, 2007).

A estrutura do galpão do Parque de Exposições de Brasília (Figura 1) foi feita de arcos de MLC, com vão livre total de 48 metros, porém, para viabilizar o transporte da fábrica até o canteiro de obras, os arcos foram fabricados em duas partes de 26 metros de comprimento.



Figura 1. Vigas do Parque de Exposições de Brasília. A) Transporte; B) Montagem.

Figure 1. Beams of the Brasilia Exhibition Park. A) Transportation; B) Mounting.

1.2.2 Richmond Olympic Oval

Construído para as Olimpíadas de Inverno de 2010, este projeto é um marco para a arquitetura de Vancouver, Canadá (Figura 2).



Figura 2. Richmond Olympic Oval. A) Vista Externa; B) Vista Interna.

Figure 2. Richmond Olympic Oval. A) External view; B) Internal View.

A estrutura é composta por arcos de Madeira Laminada Colada com 100 metros de vão livre, intercalados por uma série de painéis de madeira que produzem um visual ondulado (Architects Newspaper, 2015). A escolha da madeira para a composição estrutural desta edificação levou em consideração os costumes locais, a abundância da matéria prima na região, as qualidades estéticas e de conforto ambiental, mas principalmente optou-se pela madeira devido aos benefícios ambientais referentes ao sequestro de carbono, contribuindo assim para a amenização do efeito estufa. Na Figura 2 são apresentadas uma vista aérea e uma visão interna do ginásio construído para as olimpíadas de inverno de Vancouver.

1.2.3 Aeroporto de Oslo (Noruega)

O aeroporto Gardermoen (Figura 3), inaugurado em 1995, é o principal terminal aeroportuário de Oslo, com 140 mil metros quadrados é a maior estrutura de madeira laminada do mundo.

Com aproximadamente 33.000 metros quadrados a estrutura de cobertura deste ginásio possui um dos maiores vãos livres em madeira da América do Norte. A forma oval é uma referência à ave símbolo da cidade, a garça (Architects Newspaper, 2015).

Além da madeira, outros materiais como concreto armado e treliças espaciais de aço também foram utilizados, aproveitando as melhores características de cada um. Este é um exemplo bem-sucedido de edifício sustentável, com uma construção otimizada que aproveita ao máximo a penetração de luz natural. O aeroporto produz o seu próprio calor e eletricidade (Casado e John, 2010).

Na Figura 3 é possível observar a aplicação de diferentes materiais na construção deste aeroporto (Casado e John, 2010).

1.2.4 Shopping Iguatemi - Fortaleza - Ceará

Atualmente, segundo divulgação da empresa Carpinteria (2014), a maior estrutura MLC do Brasil é a praça de alimentação do Shopping Iguatemi de Fortaleza - CE (Figura 4), construída em 2014. O projeto e cálculo de estruturas foram realizados pela empresa brasileira Carpinteria Estruturas de Madeira em parceria com a empresa italiana Moretti Interholz.



Figura 3. Maior Construção de Madeira Laminada do Mundo, Aeroporto de Oslo, Noruega.

Figure 3. Largest Laminated Timber Construction in the World, Oslo Airport, Norway.



Figura 4. Shopping Iguatemi de Fortaleza - CE, considerada a maior obra em MLC do Brasil.

Figure 4. Shopping Iguatemi of Fortaleza - CE, considered largest work in Glulam in Brazil.

1.3 Matéria Prima

São incontáveis as espécies de madeiras que podem ser utilizadas na fabricação da MLC, porém as características relativas a cada uma serão determinantes no desempenho do produto final. Lara Palma e Ballarin (2003) afirmam que no Brasil a utilização de pinus de reflorestamento tem sido crescente nos últimos anos, representando 35% da madeira serrada produzida no país.

Para Calil Junior (2002) o uso estrutural da madeira de reflorestamento é visto de forma positiva, como uma alternativa às espécies tropicais ameaçadas, pois apresentam bom desempenho, baixo custo e pequeno impacto ambiental.

Um das espécies de alto crescimento é o *Eucalyptus grandis*, amplamente utilizado no Brasil na produção de formas de concreto, carpintaria, estruturas de telhados, pallets e alguns tipos de móveis, bem como Madeira Laminada Colada (Calil Neto, 2011). Entre outras qualidades, a madeira adulta apresenta maior densidade, sendo este um dos fatores de maior importância para a fabricação de elementos de MLC com qualidade e eficiência estrutural.

Além do pinus, outra madeira de reflorestamento tem recebido atenção no Brasil, o eucalipto. Este tem sido alvo de estudos que objetivam a aplicação deste gênero na fabricação da MLC (Sales, 1991).

Para o serviço de informações de mercados do International Tropical Timber Organization - ITTO (2017), os preços praticados no Brasil, para madeira de pinus serrado seco ao ar é de US\$ 159,00 por metro cúbico e para o pinus seco em estufa é US\$ 179,00 dólares americanos. Já para o eucalipto serrado seco ao ar, o valor é de US\$ 219,00 dólares americanos por metro cúbico.

1.4 Preços Praticados para Produtos de Madeira Laminada Colada

Furtado (2014), estudando custos de produção, obteve o custo para a produção de 1m³ de MLC de Paricá de R\$ 1.676,96, e baseado em seus estudos de mercado, considerou o preço de venda do m³ de MLC de eucalipto ou pinus de R\$ 4.000,00/m³. Já para Leite et al. (2018), o preço praticado em madeira laminada colada de pinus e eucaliptos varia entre R\$ 5.500,00 e R\$ 6.000,00 por metro cúbico, considerando-se duas empresas

estudadas. Estes valores foram considerados para produção, não sendo considerados frete de entrega e instalação.

Produtores de Madeira Laminada Colada, para fins de construção civil, praticaram em 2015 preços que variam entre R\$ 3.854,00 e R\$ 4.368,00 para elementos considerados de tamanho padrão, com 11,5 metros de comprimento, sem curvatura. Projetos especiais, podem atingir até o dobro do valor de projetos padrão, principalmente pelo fato de que o custo de produção e transporte é aumentado (Furtado, 2014).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preços para Matéria Prima Madeira

Foram determinados os preços das madeiras mais relevantes para o presente estudo. Este levantamento foi com base em informações de bibliografias, *benchmarking* na internet e contatos com os produtores, contendo os produtos e seu respectivo preço, transformado em R\$/m³ de produto acabado. Os valores levantados neste item do estudo foram para madeira seca ao ar, bem como para madeira seca em estufa.

Foram escolhidas as espécies de madeira e insumos que possuem maior relevância em termos de utilização em indústrias de Madeira Laminada Colada no Brasil.

Os estudos de revisões de bibliografias, bem como contatos com indústrias produtoras de Madeira Laminada Colada evidenciaram como principais espécies empregadas nesta produção as espécies de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*.

2.2 Preços de MLC

Foram determinados os preços dos produtos com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e validados em contatos com os produtores. Os valores levantados neste item do estudo foram para madeira seca ao ar, bem como para madeira seca em estufa, tanto para pinus quanto para o eucalipto estudado. Foi coletada uma série histórica de 10 anos para as madeiras. Estes preços foram denominados preços nominais e posteriormente foram deflacionados e denominados preços reais. Os preços coletados foram provenientes de empresas do sul e sudeste do Brasil.

2.3 Deflacionamento dos Preços

Após identificados os preços nominais dos últimos 10 anos, tanto das matérias primas, quanto da Madeira Laminada Colada, foi aplicada a metodologia de deflacionamento proposta por Mendes e Padilha Junior (2007), ou seja, foi descontada a inflação acumulada no período analisado. Para o deflacionamento foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA.

Na sequência foi realizada uma análise gráfica comparativa entre os preços nominais e os preços reais, eliminando a ilusão monetária que, segundo Mendes e Padilha Junior (2007), afetaria as análises posteriores em relação a esses preços.

Para verificação do comportamento dos preços dos produtos e matérias primas, foram elaborados gráficos de preços no período de 2010 a 2019. Para a análise das tendências foi utilizado o método de Gujarati (2000), aplicado por Angelo et al. (2001) e Brasil (2002), na qual a tendência linear de uma variável pode ser ajustada pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO na forma funcional semilogarítmica, conforme a equação $\ln P = \beta_0 + \beta_p T$, em que: P = preço do produto no ano; T = variável tendência em ano; β_0 e β_p = parâmetros a serem estimados. Os coeficientes β_p e β_q medem a variação relativa constante para uma dada variação absoluta no valor do regressor T (BRASIL, 2002). Neste estudo, os coeficientes β_0 e β_p foram considerados significativos para o nível de significância de 95%.

Para as previsões foi utilizado o método quantitativo de séries temporais, que para Mendes e Padilha Junior (2007), segue o pressuposto básico que os fatores que criaram os padrões da atividade no passado e presente continuarão a fazê-lo, com certa precisão no futuro. Para tanto, foram considerados os desvios padrão das séries históricas de preços reais e dimensionado os limites inferior e superior da tendência linear. Considerou-se que as previsões estão contidas entre estes limites, ou seja, os valores de preços futuros, tanto de madeira serrada quanto de Madeira Laminada

Colada, podem ser determinados desta forma. Essas previsões foram demonstradas na forma gráfica.

2.4 Previsão de Preços Futuros

Para as previsões de preços futuros foi utilizado o método quantitativo de séries temporais, que para Mendes e Padilha Junior (2007), segue o pressuposto básico que os fatores que criaram os padrões da atividade no passado e presente continuarão a fazê-lo, com certa precisão no futuro. Para tanto, foram considerados os desvios padrão das séries históricas de preços reais e dimensionado os limites inferior e superior da tendência linear. Considerou-se que as previsões estão contidas entre estes limites, ou seja, os valores de preços futuros, tanto de madeira serrada quanto de Madeira Laminada Colada, podem ser determinados desta forma. Essas previsões foram demonstradas na forma gráfica.

Graficamente em forma de linhas de tendência foram determinados os limites superior e inferior e ajustadas as equações das retas. Para preços do produto final de Madeira Laminada Colada os preços do limite superior são considerados uma tendência otimista para a indústria e o limite inferior uma tendência pessimista. Para as matérias primas foi considerado da mesma forma os limites superior e inferior, porém de maneira contrária, em termos de otimismo, por se tratar de custos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Custos de Matérias Primas e Insumos

Para madeira de pinus serrada seca em estufa (*Kiln Dried* - KD) os dados de preços estão demonstrados no gráfico da Figura 5. Os preços dos anos de 2010 a 2019 estão em valores nominais, ou seja, valores fornecidos nos relatórios do ITTO (2017) da época que foram coletados. Também são expostos dados de preços reais, ou seja, deflacionados conforme o IPCA dos anos subsequentes. Foi ajustada uma linha de tendência referente aos preços reais identificados.

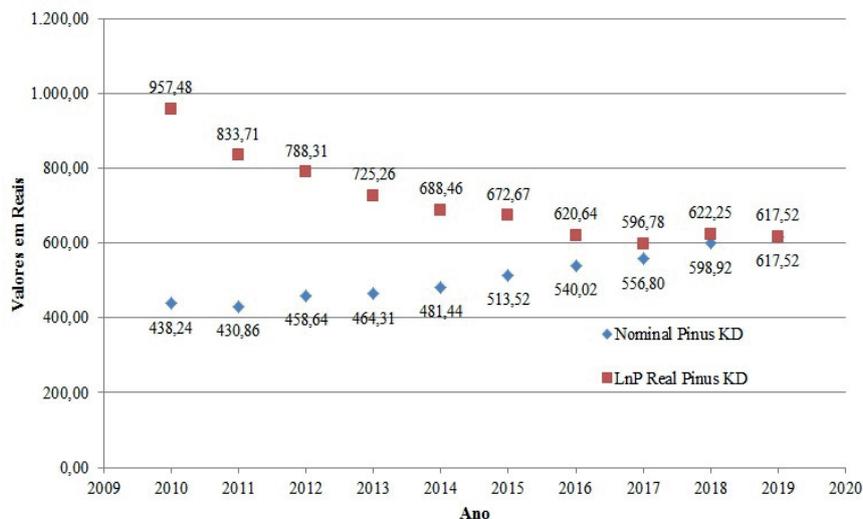


Figura 5. Preços nominais e reais para pinus serrado seco.

Figure 5. Nominal and real prices for dry sawn Pine.

Estes valores condizem com dados de preços praticados por produtores de madeira próximo à região estudada, conforme confirmado com o comitê de especialistas. Os preços coletados foram referentes aos anos de 2010 a 2019, totalizando-se um histórico de 10 anos, período ao qual se verifica em termos de preços nominais uma evolução crescente. No entanto, ao se deflacionar os preços, estimando-se preços reais, verifica-se uma tendência de baixa nos preços de madeira serrada de pinus seca em estufa (Figura 5).

Verificou-se a necessidade de ajuste dos valores de eucaliptos, pois os dados do ITTO (2017)

possuem somente madeira de eucalipto serrada seca ao ar. A secagem em estufa torna-se indispensável vistos os requisitos de qualidade para a colagem. Aos valores de eucalipto seco ao ar, ajustou-se conforme informações de produtores de madeira laminada colada, o custo de R\$ 150,00 por metro cúbico para a secagem em estufa do eucalipto. O gráfico da Figura 6 revela os valores nominais dos preços de eucalipto seco em estufa, bem como os valores deflacionados conforme IPCA em números reais. Ainda é demonstrada uma linha de tendência dos valores reais.

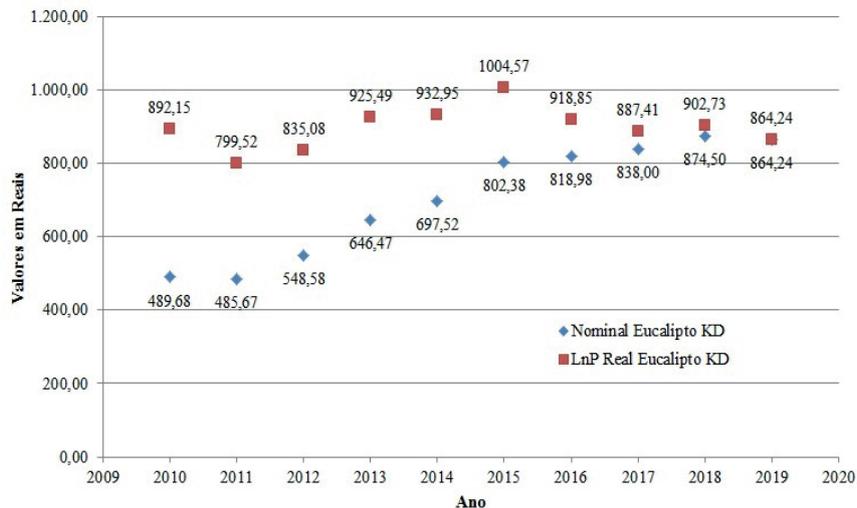


Figura 6. Preços nominais e reais para eucalipto serrado seco.

Figure 6. Nominal and real prices for dry sawn *Eucalyptus*.

Estes valores condizem com dados de preços praticados por produtores de madeira próximo à região estudada, conforme confirmado com o comitê de especialistas. Os preços coletados foram referentes aos anos de 2010 a 2019, totalizando-se um histórico de 10 anos, período ao qual verifica-se em termos de preços nominais uma evolução crescente. No entanto, ao se deflacionar os preços, estimando-se preços reais, verifica-se uma tendência de estabilidade ou leve alta de preços de madeira serrada de eucalipto seco em estufa (Figura 6). Em ambos os modelos para madeira serrada foram testados os coeficientes angular e linear do segundo teste-T de significância a 95%.

A substituição da madeira de pinus por eucalipto em alguns produtos de maior valor agregado pode ter afetado os preços, verificando-se uma elevação destes entre os anos de 2011 a 2015, e posteriormente um equilíbrio por volta dos R\$ 900,00.

Utilizando-se do método dos MQO na forma funcional semilogarítmica, a Figura 7 demonstra as previsões do ajuste linear, bem como os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados pelo método quantitativo de séries temporais, proposto por Mendes e Padilha Junior (2007). Para a madeira serrada de pinus, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 7 foi de R\$ 128,92 e o coeficiente de variação respectivo de 20%.

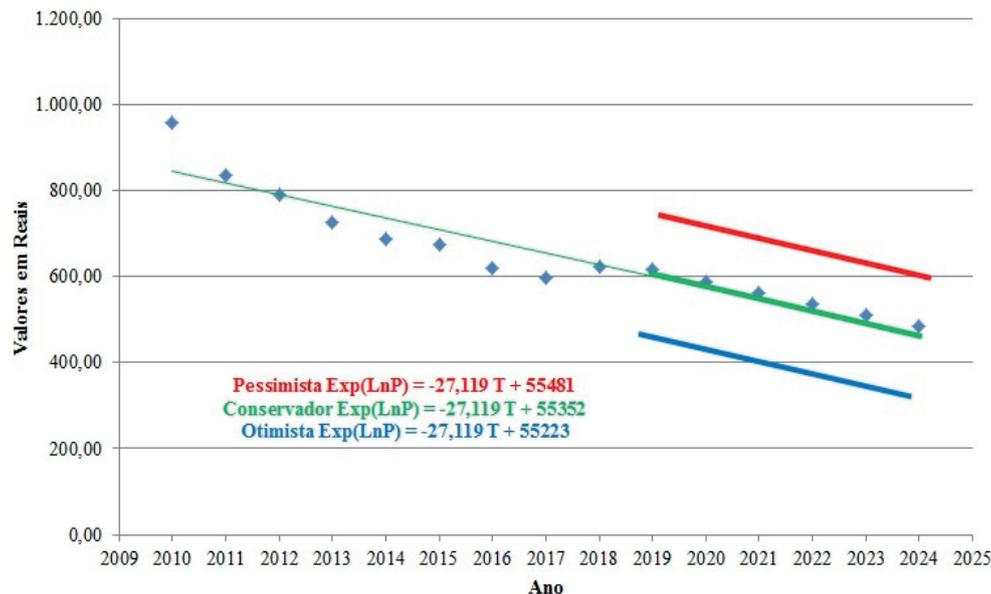


Figura 7. Preços reais para pinus serrado seco e previsões.

Figure 7. Real prices for dry sawn pine and forecasts.

A Figura 7 deixa explícitas as equações de retas das previsões de preços para madeira serrada de pinus seca em estufa. Foram realizadas três previsões, sendo que considerando-se o estudo presente, a madeira serrada é uma matéria prima, e ao considerar um valor maior o resultado da empresa produtora é piorado e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é reduzido em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado, e, portanto, a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os

ajustes podem ser utilizados para predizerem valores futuros da madeira de pinus serrada.

Da mesma forma que para o pinus, foi utilizado o método dos MQO na forma funcional semilogarítmica. A Figura 8 demonstra as previsões do ajuste linear, bem como os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados pelo método quantitativo de séries temporais, proposto por Mendes e Padilha Junior (2007). Para a madeira serrada de eucalipto, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 8 foi de R\$ 61,58 e o coeficiente de variação respectivo de 7%.

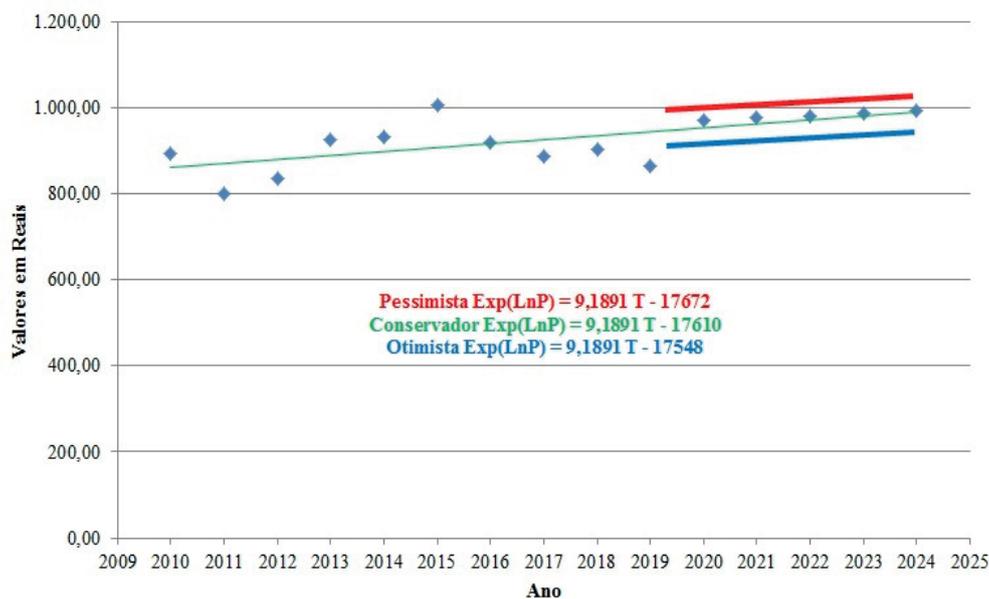


Figura 8. Preços reais para eucalipto serrado seco e previsões.

Figure 8. Real prices for dry sawn *Eucalyptus* and forecasts.

A Figura 8 evidencia as equações de retas das previsões de preços para madeira serrada de eucalipto seca em estufa. Foram realizadas três previsões, sendo que considerando-se o estudo presente, a madeira serrada é uma matéria prima, e ao considerar um valor maior o resultado da empresa produtora é diminuído e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é reduzido em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado, e, portanto,

a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os ajustes podem ser utilizados para prever valores futuros da madeira de eucalipto serrada.

As equações de retas para os cenários otimistas, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para madeira de pinus serrada seca em estufa estão detalhados na Tabela 1, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 1. Previsão de preços reais para pinus serrado seco em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 1. Real prices forecast for dry sawn pine in optimistic, conservative and pessimistic models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira serrada seca <i>Pinus</i>		
	Otimista -Desvio Padrão	Conservador $\text{Exp(LnP)} = -27,119 \text{ T} + 55352$	Pessimista +Desvio Padrão
Anos			
2020	R\$ 458,65	R\$ 587,57	R\$ 716,50
2021	R\$ 431,28	R\$ 560,20	R\$ 689,13
2022	R\$ 405,18	R\$ 534,11	R\$ 663,03
2023	R\$ 380,31	R\$ 509,23	R\$ 638,15
2024	R\$ 356,59	R\$ 485,51	R\$ 614,43

A partir das equações de previsão descritas nos três modelos, foram estimados os preços para a madeira serrada de pinus. A Tabela 1 considerou como sendo o pior cenário aquele que possui maiores valores de preços da matéria prima ao projeto de uma fábrica de Madeira Laminada Colada e por isso denominado pessimista. Verificam-se preços reais decrescentes, o que pode ser considerado ponto positivo ao projeto, visto que é previsto diminuição nos custos de matérias primas. Porém, para os

produtores de madeira serrada pode ser considerado fator de diminuição de competitividade.

A mesma diminuição de preços é percebida na madeira de eucalipto. As equações de retas para os cenários otimista, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para madeira de eucalipto serrada seca em estufa estão detalhados na Tabela 2, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 2. Previsão de preços reais para eucalipto serrado seco em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 2. Forecast of Real Prices for Dry Sawn *Eucalyptus* in Optimistic, Conservative and Pessimistic Models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira serrada seca Eucalipto		
	Otimista	Conservador	Pessimista
Anos	-Desvio Padrão	Exp(LnP) = 9,1891 T -17610	+Desvio Padrão
2020	R\$ 908,42	R\$ 970,00	R\$ 1.031,58
2021	R\$ 914,01	R\$ 975,59	R\$ 1.037,17
2022	R\$ 919,64	R\$ 981,22	R\$ 1.042,81
2023	R\$ 925,32	R\$ 986,90	R\$ 1.048,48
2024	R\$ 931,03	R\$ 992,61	R\$ 1.054,19

Todas as previsões, visto que são baseadas na tendência conservadora, podem ser consideradas em declínio, já que na equação de retas o coeficiente angular é negativo. Pode-se observar também que ao compararmos os preços de madeiras de pinus e eucalipto, fica evidente que este último possui maiores valores em reais. O preço em média é 40% menor na madeira de pinus ao comparar à madeira de eucalipto, ao considerar o cenário pessimista.

3.2 Preços de MLC

Todos os produtores de MLC no Brasil possuem como produtos principais estruturas para a construção civil, os quais são empregados para residências, galpões, ginásio de esportes, entre outros. O comprimento dos elementos

estruturais é variado, podendo alcançar 30 metros de comprimento. Os produtos possuem o sistema de união das lamelas do tipo *finger-joint*, o qual garante melhores resultados. O tamanho total dos elementos estruturais, produzidos atualmente no Brasil, atingem até 30 metros de comprimento, sendo a seção transversais com dimensões de até 30cm x 117cm.

Em contato com produtores de Madeira Laminada Colada, para fins de construção civil, estes afirmaram que os preços praticados em 2015 variam entre R\$ 3.854,00 e R\$ 4.368,00 para elementos considerados de tamanho padrão, com 11,5 metros de comprimento, sem curvatura. Projetos especiais, podem atingir até o dobro do valor de projetos padrão, principalmente pelo fato de que o custo de produção e transporte é aumentado. Estes valores coincidem com o valor apontado por Furtado (2014).

Grande dificuldade na obtenção de preços de Madeira Laminada Colada foi identificado, visto que não houveram estudos anteriores sobre o assunto. Para tanto foram levantados diversos valores em momentos distintos nas revisões de bibliografias publicadas. Também foram identificados valores de preços com produtores de Madeira Laminada Colada. Alguns preços foram obtidos com base em dados fornecidos pelos diretores destas empresas e

outros preços, mais recente, foram obtidos de projetos recentemente realizados por tais empresas.

Todos os dados coletados foram compilados e em seguida realizado ajuste de médias e compilados em valores nominais na forma de um gráfico exibido na Figura 9. Da mesma forma que para as madeiras serradas, foi utilizado o método quantitativo de séries temporais para a determinação de preços reais deflacionados pelo IPCA.

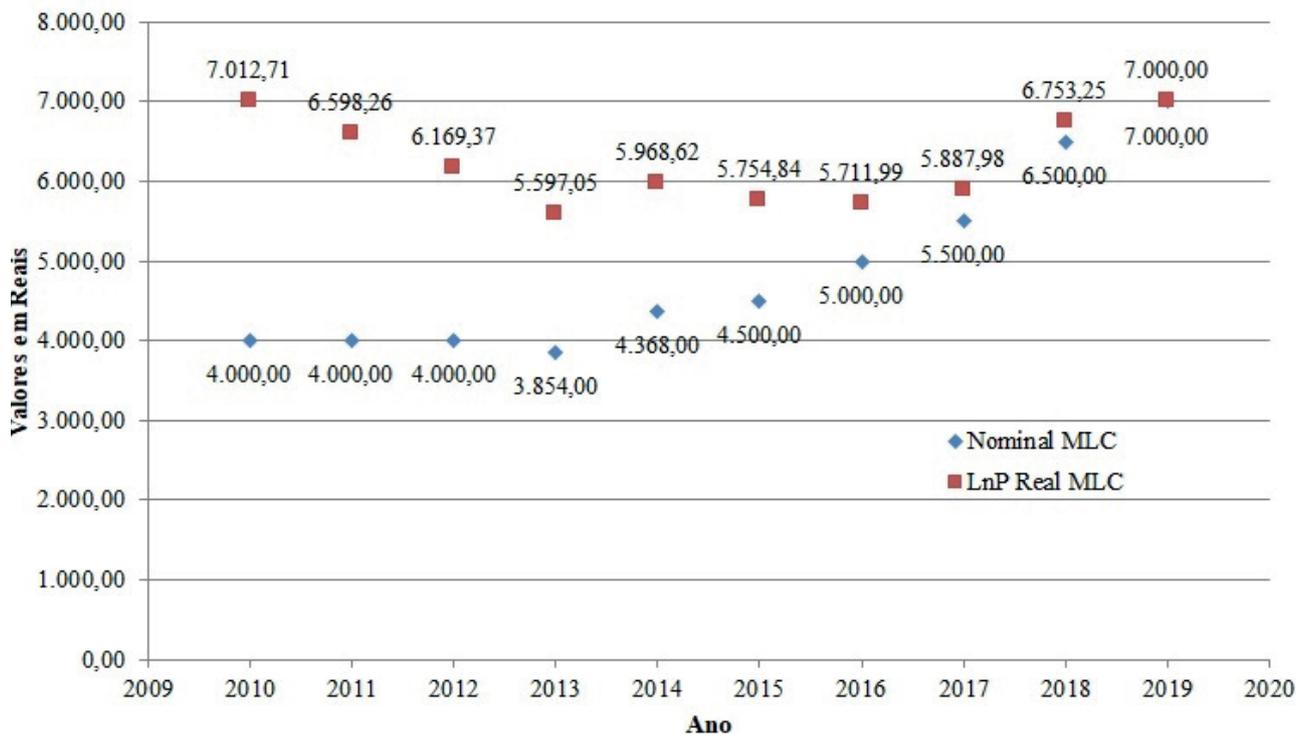


Figura 9. Preços nominais e reais para Madeira Laminada Colada.

Figure 9. Nominal and real prices for glued laminated beams.

Ainda que os preços nominais demonstrem um incremento alto de valores, para os preços reais revela-se com o ajuste linear uma leve taxa de crescimento de preços para Madeira Laminada Colada.

A Figura 10 demonstra as previsões do ajuste linear no modelo de preços reais, bem como

os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados. Para a Madeira Laminada Colada, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 10 foi de R\$ 460,18 e o coeficiente de variação respectivo de 7%.

GARBE E. A. et al. Tendência de preços da Madeira Laminada Colada e suas matérias primas

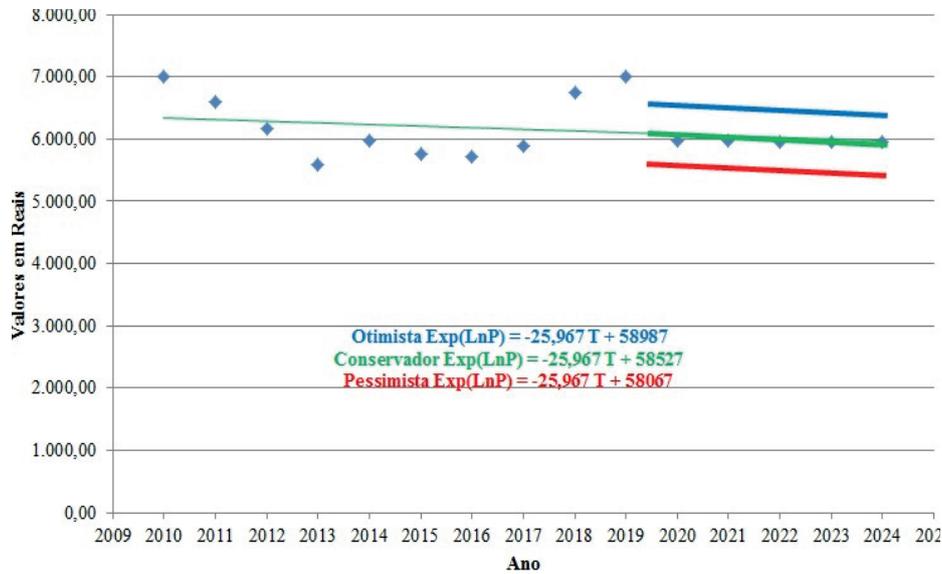


Figura 10. Preços reais para Madeira Laminada Colada e previsões.

Figure 10. Real prices for glued laminated beams and forecasts.

A Figura 10 deixa explícitas as equações de retas das previsões de preços para madeira laminada colada. Foram realizadas três previsões, sendo que se considerando o estudo presente, a Madeira Laminada Colada é o produto responsável pela receita da empresa, e ao considerar um valor menor o resultado da empresa produtora é piorado e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é aumentado em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado,

e, portanto, a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os ajustes podem ser utilizados para prever os valores futuros da Madeira Laminada Colada.

As equações de retas para os cenários otimistas, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para Madeira Laminada Colada estão detalhados na Tabela 3, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 3. Previsão de preços reais para Madeira Laminada Colada em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 3. Real price forecast for Glued Laminated Beams in optimistic, conservative and pessimistic models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira Laminada Colada		
	Otimista +Desvio Padrão	Conservador $\text{Exp(LnP)} = -25,967 T + 58527$	Pessimista -Desvio Padrão
Anos			
2020	R\$ 6.426,59	R\$ 5.966,41	R\$ 5.506,22
2021	R\$ 6.424,20	R\$ 5.964,02	R\$ 5.503,84
2022	R\$ 6.421,82	R\$ 5.961,63	R\$ 5.501,45
2023	R\$ 6.419,43	R\$ 5.959,25	R\$ 5.499,07
2024	R\$ 6.417,05	R\$ 5.956,87	R\$ 5.496,68

Todas as previsões, tanto otimista quanto pessimista, visto que estão baseadas na tendência conservadora, podem ser consideradas em crescimento, já que na equação de retas o coeficiente angular é positivo.

Tanto para madeiras quanto para MLC os valores de F de significação demonstraram significância para as previsões, sendo os coeficientes angular e linear ajustados significativos em 95% no teste T.

Preços reais de eucalipto estão em tendência de alta e para o pínus tendência de baixa, o que pode ser explicado economicamente por haver a substituição da madeira serrada de pínus por madeira de eucalipto em produtos de maior valor agregado, segundo empresários do ramo e validado pelo comitê de especialistas.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho é possível apresentar as conclusões:

- Preços reais de madeira serrada de pínus estão em tendência de baixa, o que afeta positivamente os resultados industriais do cenário estudado, podendo ser um fator que aumenta a competitividade da indústria de MLC no Brasil.

- Pode-se dizer que o preço do pínus serrado é inferior ao preço praticado para o eucalipto serrado, isso inclusive é um fator que torna o pínus mais competitivo ao se tratar de produtos de MLC que não consideram diferenças de preços ao alterar o tipo de madeira.

- O deflacionamento dos preços, tanto para MLC quanto para as matérias primas, revela melhores dados, sendo possível dar tendência à previsão.

- Os preços reais de Madeira Laminada Colada - MLC podem ser considerados estáveis ou levemente em ascensão e algumas empresas consideram o mesmo valor, tanto para pínus quanto para eucalipto, não fazendo diferenciação quanto aos ganhos de qualidade oferecidos por madeiras de maior resistência mecânica.

- Ainda que sejam poucas as indústrias produtoras de MLC no Brasil, a tendência para a estabilidade de preços reais de produtos e a tendência de diminuição dos preços reais de matérias primas podem ser fatores que trarão competitividade e facilitarão a entrada de novos fabricantes.

- Este estudo revelou diversas situações anteriormente não conhecidas com relação aos preços de Madeira Laminada Colada e para desenvolver maior conhecimento sobre o tema e entender sobre como tornar competitivo este mercado, sugerem-se estudos com relação a investimentos em indústrias, custos, e avaliação de viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELO, H.; BRASIL, A.A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. **Revista Acta Amazônica**, v. 31, n.2, p. 237-248, abr./jun., 2001.

ARCHITECTS NEWSPAPER. Game city. Disponível em: <<http://archpaper.com/news/articles.asp?id=4229>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

AZAMBUJA, M.A. **Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

BRASIL, A.A. **As exportações de painéis de madeira**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CALIL JUNIOR, C. O potencial da utilização do *Pinus* na construção civil. **Téchne**, v. 10, n. 60, p. 44-48, 2002.

CALIL NETO, C. **Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado Interunidades) - Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

CARPINTERIA. Disponível em: <<http://www.carpinteria.com.br>>. Acesso em: 15 out. 2014.

CASADO, M.; JOHN, V.M. As dez obras sustentáveis mais emblemáticas do mundo. **PINIweb** 2010. Disponível em: <www.piniweb.com.br/construcao/sustentabilidade/as-dez-obras-mais-sustentaveisdo-mundo-184801-1.asp>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FURTADO, F.R.C. **Análise de viabilidade econômica ambiental para uso da espécie Paricá em vigas laminadas coladas**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages).

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846 p.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION - ITTO. **Tropical Timber Market Report**. Yokohama: International Tropical Timber Organization. Disponível em: <<https://itto-d2.r-cms.jp/files/user/mis/MIS1-15%20Aug%202015.pdf>>. (Volume 19 Number 15, 1st – 15th August 2015). Acesso em: 23 mar. 2017.

LARA PALMA, H.A.; BALLARIN, A.W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 13-22, 2003.

LEITE, T.M.; SANTOS, P.A.F.M.; VALLE, I.M.R. O uso da madeira laminada colada no Brasil: panorama e desafios. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318684521_O_USO_DA_MADEIRA_LAMINADA_COLADA_NO_BRASIL_PANORAMA_E_DESAFIOS>. Acesso em: 03 set. 2018.

MELLO, R.L. **Projetar em madeira: uma nova abordagem**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

MENDES, J.T.G.; PADILHA JUNIOR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 384p.

MOODY, R.C.; LIU, J.Y. Glued Structural Members. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY (Org.). **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. cap. 11, p. 1 - 24.

OLGA, H. Podcast 177 – Helio Olga: A madeira em busca de um modelo de negócios. Disponível em: <<http://www.riobravo.com.br/podcast/podcast177.mp3>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SALES, A. **Características de resistência mecânica de algumas espécies de eucalipto do estado de São Paulo**. 1991. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

STAMATO, G.C. **Resistência ao embutimento da madeira compensada**. 1998. 137 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE DEDALEIRO (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) MEDIANTE DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO¹

DEVELOPMENT OF DEDALEIRO (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) SEEDLINGS USING DIFFERENT SUBSTRATES AND IRRIGATION DEPTHS

Lucas Oliveira SANTANA²; Francineide Morais de ARAÚJO³; Flávia Luiza Pereira de SOUZA⁴; Mateus de Campos LEME⁴; Thiago Philipe de Carmargo e TIMO⁵; Thomaz Figueiredo LOBO⁶; Marcos Vinicius Bohrer Monteiro SIQUEIRA^{3,7}

RESUMO - *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. é uma espécie arbórea com grande valor econômico, ambiental e com alto potencial no mercado florestal. Pertence à família Lythraceae, conhecida como dedaleiro. É utilizada para fins medicinais, construção civil, produtos madeireiros, arborização urbana e reflorestamento de áreas degradadas. Assim, a pesquisa teve como objetivo analisar a resposta da espécie a tratamentos com lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de água. No experimento com 480 plântulas foram utilizados 5 tratamentos: T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial), cada qual com 4 repetições e 3 lâminas de irrigação, sendo elas, 10 L dia⁻¹, 20 L dia⁻¹ e 30 L dia⁻¹. Para avaliação foram utilizados parâmetros biométricos como altura, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca total, Índice de Qualidade de Dickson e a relação altura-diâmetro do colo. Os dados obtidos mostraram que o substrato com lodo de esgoto compostado puro apresentou desenvolvimento superior em relação aos demais tratamentos mediante a lâmina de 10 L dia⁻¹.

Palavras-chave: Lodo de esgoto compostado; parâmetros biométricos; reflorestamento.

ABSTRACT - *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. is a tree species with high economic and environmental value, and potential in the forest market. It belongs to the Lythraceae family, known as the dedaleiro. It is used for medicinal purposes, construction, timber products, urban afforestation and reforestation of degraded areas. Thus, the research aims to analyze the response of the species to treatments with composted sewage sludge and distinct irrigation depths. In the experiment with 480 seedlings 5 treatments were used: T1 (100% Commercial Substrate); T2 (100% Composted Sludge); T3 (75% Commercial Substrate + 25% Composted Sludge); T4 (75% Composted Sludge + 25% Commercial Substrate) and T5 (50% Composted Sludge + 50% Commercial Substrate), each with 4 replications. The treatments were submitted to 3 irrigation depths, 10 L day⁻¹, 20 L day⁻¹ e 30 L day⁻¹. Biometric parameters such as height, stem diameter, number of leaves, dry mass, Dickson Quality Index and height-diameter ratio were used for evaluation. The seedling treated with 100% sewage sludge showed superior development in relation to the other treatments by means of 10 L day⁻¹.

Keywords: Sewage sludge; biometric parameters; reforestation.

¹ Recebido para análise em 26.08.2019. Aceito para publicação em 04.12.2019.

² Universidade do Sagrado Coração - USC, Rua Irmã Arminda, 10-50, 17011-160, Bauru, SP, Brasil. Bolsista de Iniciação Científica - CAPES.

³ Universidade do Sagrado Coração - USC, Rua Irmã Arminda, 10-50, 17011-160, Bauru, SP, Brasil.

⁴ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Av. Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

⁵ C&T Assessoria e Consultoria Ambiental, Rua Durval da Rocha Reis, 215, 18209-205, Itapetininga, SP, Brasil.

⁶ Faculdade Paulista, Av. Santo Inácio, 1089, 17420-000, Lupércio, SP, Brasil.

⁷ Autor para correspondência: Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira – mvbsiqueira@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Lafoensia pacari A.St.-Hil., popularmente conhecida como dedaleiro, é uma espécie arbórea, pertence à família Lythaceae, nativa do Cerrado e de algumas florestas de altitude (Lorenzi, 2002). O dedaleiro pode atingir até os 18m de altura e seu período de floração vai de outubro a dezembro. A espécie possui grande valor econômico, por apresentar diversas aplicações. Utilizado para projetos de reflorestamento e restauração de áreas degradadas, pode ser indicado para arborização urbana, a madeira para a construção civil e indústria, e a casca e folha para fins medicinais (Lorenzi, 2002; Carvalho, 2003).

Para obter sucesso no processo de crescimento e qualidade fisiológica da muda para plantio em campo, é importante observar alguns fatores, como a procedência do genótipo, a irrigação adequada e o uso de um substrato de qualidade (Cunha et al., 2006). A irrigação é um fator essencial no desenvolvimento da muda, e segundo Bernardo et al. (2006), deve ser considerada como parte de um conjunto de técnicas de manejo, visto que em doses excessivas ou reduzidas pode ter efeitos negativos no desenvolvimento da planta. Entretanto, se fornecida na quantidade e momento adequado, pode estimular em até 200% o seu desenvolvimento (Gonzaga Neto, 2000).

Devido à importância na produção em larga escala, é necessário conhecer a lâmina de água mais adequada para cada espécie, para que assim o produtor alcance o potencial máximo da muda, com uma menor quantidade de água, e consequentemente evitando desperdícios no manejo.

Assim como a irrigação, o uso do substrato é importante para a muda, porque servirá de base para a germinação inicial, desenvolvimento aéreo e radicular. Este deve apresentar teores de macro e microporosidade adequado para a espécie, visto que o substrato irá determinar a aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água e nutrientes (Oliveira et al., 2016). Importante também é o controle do pH do substrato, para não gerar a indisponibilidade de nutrientes essenciais e o aumento de infecções de alguns patógenos (Waller e Wilson, 1984).

Para composição do substrato, muitos produtores e empresas preferem adequar seu próprio manejo nutricional via fertilizantes químicos, no

entanto, o ideal seria o uso de compostos com alto teor de matéria orgânica, de baixo custo, que auxiliem diretamente na agregação de partículas e indiretamente na melhora da porosidade, aeração, infiltração e armazenamento de água no solo (Castro et al., 2014). Para a escolha do substrato, é necessário verificar a disponibilidade e custo do material a ser utilizado, características físicas e químicas, condições de produção e a espécie (Backes, 1989).

O lodo de esgoto é um dos principais poluidores de mananciais hídricos (Jonsson e Maia, 2007) sendo esta uma importante razão de ser tratado corretamente (Ceoloto, 2007). A compostagem é uma das alternativas mais sustentáveis e seguras para o tratamento deste resíduo (Maas, 2010). Realizado de forma eficiente, a compostagem do lodo de esgoto apresenta alta eficiência na eliminação de patógenos e gera resíduo de alta qualidade agrônômica (Aisse et al., 2000), que se enquadra nos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006 (Brasil, 2006), tornando o composto apto para o uso florestal. O trabalho teve como objetivo analisar a resposta do dedaleiro ao lodo de esgoto compostado em relação ao substrato comercial, mediante diferentes lâminas de irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido no viveiro de Muda Brasil, localizado na Avenida Paulino Prata no município de Bauru, São Paulo.

Segundo a classificação de Koppen (Alvares et al., 2013), o clima da região é tropical de savana, tipo Aw, com uma média de precipitação anual de 1.331 mm.

2.2 Montagem do experimento

A espécie arbórea nativa utilizada foi o dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.). As sementes foram obtidas de diferentes matrizes com pelo menos 500 m de distância do viveiro. Foi realizado na sequência a quebra de dormência das sementes com água a 100 °C durante 1 min. (Floriano, 2004).

As sementes foram distribuídas em 4 bandejas de 200 células contendo substrato

comercial, cobertas com vermiculita e guardadas na casa de vegetação para posterior germinação.

Após a emergência das plântulas de aproximadamente 1,5 cm em um mês após a semeadura, foi realizada a seleção e repicagem, e posteriormente a transferência para os tubetes de 120 cm³.

Para o experimento foram utilizadas 480 plântulas, dispostas em bancadas e separadas em blocos casualizados de acordo com a lâmina de irrigação e substrato, cobertas com uma tela de sombreamento de 50% durante todo o ciclo de produção da muda. Cada bandeja foi considerada um bloco, na qual continha os cinco tratamentos secundários (diferentes misturas de substratos). Esses blocos foram repetidos 4 vezes por lâmina de água (tratamento principal).

2.3 Irrigação

A irrigação foi realizada por microaspersores tipo *Fog*, com bicos do modelo *mist*, com vazão de 120 L h⁻¹ e separados em três diferentes lâminas: L1 – 5 minutos de irrigação (9 mm); L2 – 10 minutos de irrigação (18 mm); L3 – 15 minutos de irrigação (27 mm); sendo cada lâmina submetida a quatro irrigações ao dia.

2.4 Substrato

Os substratos utilizados foram o *Carolina Soil Florestal*[®], identificado como substrato comercial (composição segundo o fabricante: turfa de *Sphagno*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, e traços de NPK, calcário dolomítico e gesso agrícola) e o composto orgânico Terafertil, identificado como substrato de lodo de esgoto compostado (lodo de esgoto + bagaço de cana), fornecido pela empresa Tera Ambiental do município de Jundiaí-SP. A partir dos dois substratos foram formulados cinco tratamentos - T1: 100% substrato comercial, T2: 100% substrato de lodo de esgoto compostado, T3: 75% substrato comercial + 25% substrato de lodo de esgoto compostado, T4: 75% substrato de lodo de esgoto compostado + 25% substrato comercial e T5: 50% substrato de lodo de esgoto compostado + 50% substrato comercial.

O experimento foi realizado em parcelas subdivididas, sendo a parcela principal as lâminas de água e as parcelas secundárias, os tipos e misturas de substratos com quatro repetições.

As características físicas e químicas do substrato foram caracterizadas obtendo-se os valores de macro e microporosidade, porosidade total, retenção de água, pH e condutividade elétrica (Tabela 1).

Tabela 1. Análises físicas e químicas dos substratos, uma inicial e uma ao final do experimento de acordo com o tratamento.

Table 1. Physical and chemical analyzes of the substrates, one initial and one at the end of experiment according to the treatment.

Tratamentos	Macroporos (%)	Microporos (%)	Porosidade total (%)	Retenção de água (ml/cm ³)	pH (1/5)	Condutividade elétrica (1/5)
Início do experimento						
T1	30,46	46,89	77,35	24,37	6,48	0,17
T2	12,07	59,92	71,98	31,13	7,34	0,43
T3	26,13	54,04	80,17	28,08	7,11	0,67
T4	20,16	58,33	78,49	30,43	7,34	0,15
T5	13,31	62,98	76,29	32,8	7,31	0,97
Final do experimento						
T1	34,64	50,87	85,31	26,43	6,88	0,09
T2	20,69	57,79	78,47	30,1	6,9	0,13
T3	32,95	51,67	84,62	26,84	7	0,1
T4	31,14	52,87	84,01	27,58	7,08	0,08
T5	32,99	51,88	84,87	27,04	7,05	0,09

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial).

Foram realizadas duas análises físicas, uma no início e outra no término do experimento na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, Fazenda Lageado.

2.5 Parâmetros para Avaliação

Na avaliação das mudas foram medidos os parâmetros biométricos Altura da planta (H) e Diâmetro do colo (D). Além disso, foi avaliada a produção de massa seca da parte aérea e da raiz, aplicação do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e a relação entre altura e diâmetro de colo.

Para as análises biométricas foram realizadas 9 medições quinzenais com uso de um paquímetro e uma régua, iniciando-se 15 dias após o transplante para o tubetes e posteriormente uma medição final, aos 90 dias após repicagem, antes de cortar as mudas para pesagem da massa seca. Esta foi realizada com auxílio de uma balança eletrônica, após um período de 72 horas em uma estufa de circulação forçada a 60 °C.

Os dados foram submetidos à análise de variância, onde as médias de relação entre H/D, Índice de Qualidade de Dickson e a massa seca da parte aérea e raiz foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do software ASSISTAT 7.7. As medições de altura também foram analisadas a partir da plataforma R, pelo Teorema de Bayes, que deriva das definições de probabilidade condicional (Bolker, 2008; Link e Barker, 2009; Kruschke, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura de Mudas

Os substratos formulados com lodo de esgoto compostado obtiveram melhores resultados em altura, porém com diferentes exigências hídricas. Inicialmente, entre 15 e 30 dias, o melhor tratamento observado foi em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ e T5 (50% Lodo Compostado

+ 50% Substrato Comercial) com 20 e 30 L dia⁻¹. Entre 45 e 60 dias, o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 e 20 L dia⁻¹ apresentaram melhores resultados em altura. Entretanto, após os 75 dias, o T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ apresentou as maiores médias. Na medição final, após 90 dias, o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ apresentou maior altura, seguindo-se de T2 (100% Lodo Compostado) e T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹, entretanto, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Com o uso do substrato de lodo de esgoto compostado puro, obteve-se uma menor exigência hídrica e com o aumento da lâmina de água houve um decréscimo no desenvolvimento das mudas. O mesmo ocorreu com o substrato comercial, que apresentou um decréscimo superior ao lodo de esgoto compostado, com o aumento da quantidade de água.

Entretanto, o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) apresentou maior desenvolvimento com o aumento da quantidade de água, onde apresentou a maior média de altura. O T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial), sofreram pouca interferência das lâminas de irrigação, com pouca variação de valores médios e não apresentaram diferença estatística entre si.

A altura das mudas é um fator essencial para indicar a qualidade do substrato, irrigação e outras técnicas de produção de mudas (Oliveira et al., 2010). Segundo Gonçalves e Benedett (2000), a altura ideal de uma muda de qualidade deve variar de 20 a 35 cm, e dentre os tratamentos os únicos que não se enquadraram dentro deste parâmetro foi o T1 (100% Substrato Comercial) em 20 e 30 L dia⁻¹ e o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ após os 120 dias, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Altura e diâmetro final das mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St-Hil.) agrupado por lâminas de irrigação (Lam.) e tratamento.Table 2. Height and diameter of the dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St-Hil.) seedlings grouped by irrigation depths (Lam.) and treatment.

	ALTURA (cm)			DIÂMETRO (cm)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	19,02aA	7,7bB	11,63bB	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T2	20,55aA	11,33bB	13,71bB	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T3	19,09aA	16,27aA	19,26aA	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T4	14,30bB	18,12aAB	19,81aA	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T5	10,68bC	15,50aB	19,92aA	0,2bA	0,2bA	0,2bA

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. As letras minúsculas diferem do substrato (coluna) e as maiúsculas diferem das lâminas de água (linha). As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey 0,5% de probabilidade. Valores significativos a 5%.

No estudo de Paiva et al. (2009) avaliando o desenvolvimento das espécies de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), cabreúva-vermelha (*Myroxylon peruiferum*), pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata*) sob adubação orgânica e mineral os autores concluíram que a aplicação do substrato de lodo de esgoto compostado se equiparou a fertilização mineral para a nutrição das mudas. No entanto, Scheer et al. (2010) avaliando o desenvolvimento das mudas de angico-gurucuia (*Parapiptadenia rigida*) observaram que o composto de lodo puro proporcionou uma nutrição as plantas, superior ao substrato comercial, embora a nutrição complementar tenha melhorado a condição da espécie.

Avaliando o dedaleiro com um substrato a base de lodo de esgoto compostado, Scheer et al. (2012) concluíram que a espécie tem melhor desenvolvimento com o lodo de esgoto, com valores superiores ao substrato comercial, embora o estudo sugira o uso de fertilização mineral complementar das mudas. Entretanto, no presente estudo, o dedaleiro não apresentou diferença significativa com a interação do substrato de lodo de esgoto compostado em consórcio com o mineral.

A interação entre o substrato a base de lodo compostado e o comercial proporcionou maior resistência das mudas ao excesso de água, como é representado em T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, tendo o mesmo desenvolvimento que T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) na 10 L dia⁻¹, assim

como o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial), que não diferiram entre as lâminas de água.

3.2 Diâmetro de Colo

Os diâmetros de colo das mudas de dedaleiro não apresentaram diferenças até a terceira medição (Tabela 2). Entre os 60 e 90 dias, a irrigação de 10 L dia⁻¹ apresentou as maiores médias em T1 (100% Substrato Comercial), T2 (100% Lodo Compostado) e T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado), porém a partir dos 105 dias até a medição final, o T2 (100% Lodo Compostado) apresentou o maior diâmetro.

Para a irrigação de 20 L dia⁻¹, até aos 75 dias, o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) obteve maior diâmetro. Posteriormente, entre os 90 e 105 dias, o T2 (100% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) apresentaram os melhores resultados, e nas medições finais o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) apresentou maior valor de diâmetro de coleta. Na irrigação 30 L dia⁻¹, os melhores resultados foram apresentados em T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) e T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) durante as medições, com exceção dos 105 dias onde o T1 (100% Substrato Comercial) apresentou um valor de

diâmetro superior. Na medição final, o maior valor de diâmetro de coleto foi obtido no T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹.

O diâmetro de coleto é uma característica morfológica de fácil mensuração e de grande importância para a sobrevivência da muda em campo, visto que está relacionada com a resistência da planta (Carneiro, 1995). Segundo Gomes e Paiva (2006) o diâmetro de colo e altura de plantas são os melhores indicadores da qualidade da muda, um maior diâmetro apresenta maior equilíbrio em seu crescimento e maior rusticidade.

Delarmelina et al. (2013) avaliando o desenvolvimento de mudas de cambaí-amarelo (*Sesbania virgata*) com substrato de lodo de esgoto compostado, obtiveram valores superiores em diâmetro de colo com o substrato de lodo de esgoto compostado, assim como Scheer et al.

(2010) avaliando mudas de angico-gurucaia (*Parapiptadenia rigida*), corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

3.3 Massa Seca

Conforme apresentado na Tabela 3, na massa seca da parte aérea os melhores resultados foram obtidos em T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, porém sem diferença estatística entre si. Entretanto, Lopes et al. (2007) avaliando o desenvolvimento de mudas de eucalipto e Martins et al. (2010) em plantas jovens de nim (*Azadirachta indica*), relataram que houve um aumento proporcional da massa seca da parte aérea com a quantidade de água fornecida às mudas.

Tabela 3. Massa seca das mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

Table 3. Dry matter of the dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) seedlings.

	Massa seca aérea (g)			Massa seca radicular (g)			Massa total (g)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	3,98 abA	0,84 bB	0,51 bB	3,68 aA	0,80 bB	0,66 bB	7,66 aA	1,63 bB	1,17 bB
T2	5,16 aA	3,53 aA	3,83 aA	4,21 aA	3,23 aA	3,43 aA	9,38 aA	6,75 aA	7,27 aA
T3	4,86 aA	3,63 aA	3,89 aA	4,01 aA	3,45 aA	4,02 aA	8,87 aA	7,09 aA	7,92 aA
T4	4,57 aA	3,35 aA	4,94 aA	3,45 aAB	2,71 aB	4,54 aA	8,04 aAB	6,07 aB	9,11 aA
T5	1,81 bB	2,27 abA	5,50 aA	1,65 bB	2,31 abB	4,61 aA	3,46 bB	4,58 abB	10,11 aA

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. As letras minúsculas diferem do substrato (coluna) e as maiúsculas diferem das lâminas de água (linha). As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey 0,5% de probabilidade. Valores significativos a 5%.

No presente trabalho, apenas em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) mostrou aumento de massa seca conforme aumentou a lâmina de irrigação, nos outros três tratamentos houve decréscimo no desenvolvimento das mudas.

A massa seca da parte aérea, segundo Gomes e Paiva (2006), é um indicador de rusticidade da muda, sendo que maiores valores representam mudas mais rústicas, o que prepara a muda para as adversidades que pode encontrar

no campo. Peroni (2012) verificou que utilizar substrato comercial com doses abaixo de 40% de lodo de esgoto compostado para mudas de *Eucalyptus grandis* pode ser prejudicial para o desenvolvimento desta espécie.

A irrigação que utilizou 10 litros de água dia⁻¹ o substrato com 50% de lodo de esgoto obteve uma menor produção de massa seca comparando com os outros substratos. Quando foram utilizados 20 e 30 litros de água dia⁻¹ o substrato comercial produziu menos quantidade de matéria seca que os outros substratos testados.

Nas plantas que foram utilizados 100% e 25% de lodo de esgoto compostado não houve interferência da produção de massa seca em função do aumento da lâmina de água.

O substrato comercial apresentou maior produção de matéria seca na menor quantidade de água utilizada neste experimento (10 L dia⁻¹).

As mudas que utilizaram 50 e 75% de lodo compostado obtiveram maior produção de massa seca na maior lâmina de água utilizada.

Paiva et al. (2009) avaliando algumas espécies nativas observaram que com o uso do lodo de esgoto compostado em relação ao comercial, a aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata*) apresentaram resultados similares ao presente estudo, no entanto, os autores observaram que a cabreúva vermelha (*Myroxylon peruiferum*) apresentou um desenvolvimento superior com o lodo de esgoto compostado e com potencial de aumentar sua produtividade com uma dose maior, desde que incrementada com potássio.

A partir do aumento da lâmina de água, verificou-se a diminuição da produção de matéria seca na planta com o uso de substrato comercial (Tabela 2). Com o uso de substrato comercial apresenta uma menor carga negativa, retém uma menor quantidade de nutrientes. Com o aumento da quantidade de água, provocou-se uma maior lixiviação desses nutrientes. No lodo de esgoto compostado, não houve diferença significativa entre as lâminas.

Analisando a massa seca radicular, os melhores resultados foram obtidos em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com irrigação de 30 L dia⁻¹, seguido de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, porém sem diferença estatística entre si. Para a massa seca total, os melhores resultados foram obtidos no T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, seguido de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹.

As raízes necessitam de um substrato bem aerado para circulação do oxigênio e assim garantir seu processo de respiração e absorção de nutrientes (Nogueira et al., 2012). Apesar do lodo de esgoto compostado possuir menor porcentagem de macroporo em relação ao substrato comercial, as mudas apresentaram maior desenvolvimento com sua presença.

Cabral (2004) e Nascimento et al. (2011) obtiveram redução de biomassa total com a redução da irrigação. No presente estudo isto ocorre apenas com o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). O T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) não apresentaram diferenças estatísticas e o T2 (100% Lodo Compostado) apresentou um decréscimo em seu desenvolvimento.

3.4 Índice de Qualidade de Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador de qualidade de mudas. Considera em seu cálculo a robustez, o equilíbrio da distribuição de biomassa, fatores como biomassa aérea e da raiz, altura e diâmetro de colo (Fonseca et al., 2002).

Para sua obtenção, leva-se em consideração a Produção da Massa Seca Total (PMST), Produção da Massa Seca Aérea (PMSPA), Produção da Massa Seca Radicular (PMSPR), a Altura (H) e o Diâmetro de Colo das plantas (DC) (Dickson et al., 1960) e tem sido o mais utilizado para avaliar a qualidade de mudas por meio da fórmula $IQD = \frac{PMST(g)}{[H(cm)/DC(mm)]} + \frac{PMSPA(g)}{PMSR(g)}$.

Conforme a Tabela 4, o maior valor de IQD foi obtido no T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, seguido de T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) em L3, e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) também em L3. Entretanto todos ficaram acima de 0,2, o valor mínimo indicado por Hunt (1990).

Tabela 4. Relação entre Altura (H) e Diâmetro do colo (D) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

Table 4. Relationship between Height (H) and Stem Diameter (D) and Dickson Quality Index (QDI) in seedling of dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

	HxD			IQD		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	5,58	3,62	3,93	0,55	0,26	0,22
T2	4,64	6,58	7,74	0,66	0,5	0,49
T3	5,25	5,94	5,62	0,62	0,54	0,57
T4	6,7	6,23	5,59	0,54	0,49	0,65
T5	3,63	5,63	5,89	0,4	0,45	0,63

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. Valores significativos a 5%.

A relação entre altura da muda e diâmetro de colo pode revelar a qualidade da muda em qualquer estágio do seu desenvolvimento (Carneiro, 1995), indica as reservas da muda, assegura maior resistência em campo e melhor fixação no solo (Sturion e Antunes, 2000). Segundo Campos e Uchida (2002), essa relação demonstra que uma relação menor entre altura e diâmetro de colo implica em mudas mais resistentes.

As menores relações de altura da muda e diâmetro de colo foram obtidas em T2 (100% Lodo Compostado) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ e T1 (100% Substrato Comercial) nas irrigações de 20 e 30 L dia⁻¹, entretanto, com exceção de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, essas relações obtiveram valores baixos para altura e altos para o diâmetro de colo. Assim, o T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ apresentou maior altura e diâmetro.

4 CONCLUSÃO

O lodo de esgoto compostado trouxe efeitos benéficos para o desenvolvimento do dedaleiro. O uso do substrato com lodo de esgoto compostado puro apresentou melhor eficiência para os parâmetros analisados em relação aos demais para tratamentos mediante a lâmina de 10 L dia⁻¹.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Viveiro Mudas Brasil, à Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva e ao técnico Cláudio Roberto Ribeiro da Silva (UNESP - Botucatu), ao CNPq pela bolsa concedida ao primeiro autor e aos três anônimos revisores pelas importantes sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M.M. et al. Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1-9.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BACKES, M.A. **Composto do lixo urbano como substrato de plantar ornamentais**. 1989. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

- BOLKER, B. M. **Ecological Models and Data in R**. 1. ed. Princeton: Princeton University Press, 2008. 408 p.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- CABRAL, E.L. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Marsh) Benth. & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995. 451 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039 p. il. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).
- CASTRO, L.H.S et al. Composição do substrato e parâmetros fisiológicos de crescimento de mudas de Guapuruvú (*Schizolobium parahyba* Vell. Blake). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 70-75, 2014.
- CEOLATO, L.C. **Lodo de esgoto líquido na disponibilidade de nutrientes e alterações dos atributos químicos de um argissolo**. 2007. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.
- CUNHA, A.M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DELARMELINA, W.M. et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (CAV.) Pers. **Revista Agro@ambiente online**, v. 7, n. 2, p. 179-183, 2013.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.
- FLORIANO, E.P. **Germinação e dormência de sementes florestais**. Caderno Didático, 2004. n. 2, 19 p.
- FONSECA E.P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006. 116 p.
- GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETT, V. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETT, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, v.3, n.1, p. 14-20, 2000.
- HUNT, G.A. Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings. In: MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture Forest Service, 1990. p. 218-222.
- JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Avaliação da toxicidade do lodo de esgoto de duas estações de tratamento para o invertebrado aquático *Daphnia similis*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, p. 1-8, 2007.
- KRUSCHKE, J. **Doing Bayesian Data Analysis: a Tutorial with R, JAGS, and Stan**. 2. ed. London, UK: Elsevier Science, 2014. 759 p.
- LINK, W.A.; BARKER, R.J. **Bayesian Inference: with ecological applications**. [s.l.]: Elsevier Science, 2009. 354 p.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

MAAS, K.D.B. **Biossólido como substrato na produção de mudas de Timburi**. 2010. 45 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MARTINS, M.O. et al. Crescimento de plantas de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

NASCIMENTO, H.H.C. et al. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenae courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

NOGUEIRA, N.W. et al. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth em função de diferentes substratos. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 1, p. 17-24, 2012.

OLIVEIRA, G.N.; TEIXEIRA, L.A.F.; DAVIDE, A.C. Desenvolvimento de mudas de ipê branco, açoita cavalo, ipê roxo, caroba e vinhático em viveiro. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA, 19., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras, 2010.

OLIVEIRA, M.C. et al. **Manual de viveiro e produção de mudas**: espécies arbóreas nativas do Cerrado. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

PAIVA, A.V. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 499- 511, 2009.

PERONI, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis***. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

SCHEER, M.B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K.G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHEER, M.B. et al. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta & Ambiente**, v. 19, p. 55-65, 2012.

STURION, J.A.; ANTUNES, B.M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa, 2000. p. 125-150.

WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 51-58, 1984.

DEVELOPMENT OF MICROSATELLITE MARKERS FOR *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (PAU MARFIM - IVORY TREE): AN ENDANGERED HIGH VALUE TROPICAL TREE (SCIENTIFIC NOTE)¹

DESENVOLVIMENTO DE MARCADORES MICROSSATÉLITES PARA *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (PAU-MARFIM): UMA ESPÉCIE ARBÓREA TROPICAL AMEAÇADA E DE ALTO VALOR (NOTA CIENTÍFICA)

Bruna Ibanes AGUIAR^{2,10}; Alexandre Magno SEBBENN³; Ellida de Aguiar SILVESTRE⁴; Kaiser Dias SCHWARCZ^{5,6}; Miguel Luiz Menezes FREITAS³; Marcelo Nalin AMBROSANO²; Flávio Bertin GANDARA²; Mario Luiz Teixeira de MORAES⁷; Dario GRATTAPAGLIA⁸; Paulo Yoshio KAGEYAMA^{2,9}; Maria Imaculada ZUCCHI⁵

ABSTRACT - Pressure on tropical forests by agriculture and livestock expansion, frequently leads to highly fragmented and isolated populations. Limited gene flow drives increased drift and genetic differentiation among populations, ultimately reducing the overall genetic diversity of forest tree species. *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., commonly known as pau marfim (ivory tree), a valuable Brazilian hardwood tree used in carpentry and building, is currently endangered due to logging and forest fragmentation. Information on genetic diversity and structure of remnants populations is necessary to support its conservation and sustainable management. Microsatellite markers are an effective tool for understanding and quantifying the effects of fragmentation on genetic diversity. Seven microsatellite markers were developed and validated using a sample of 98 individuals. The number of alleles per locus ranged from 3 to 25, the observed and expected heterozygosities from 0.051 to 0.909 and 0.050 to 0.930, respectively, the fixation index corrected for null alleles from 0.036 to 1.0 and all markers were found in linkage equilibrium. This microsatellite marker set is suitable to estimate population genetic parameters in support of sustainable management and conservation, and to assess relatedness and parentage in breeding populations.

Keywords: Genetic Conservation; Genetic Diversity; Population Genetics, Simple Sequence Repeat; SSR.

RESUMO - A pressão sobre as florestas tropicais devido à expansão da agricultura e pecuária frequentemente resulta em populações fragmentadas e isoladas. Fluxo gênico restrito aumenta a deriva e a diferenciação genética, reduzindo a diversidade genética das espécies arbóreas. *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., popularmente conhecida como pau-marfim, é uma árvore brasileira com madeira valiosa utilizada na carpintaria e construção civil, mas está em perigo de extinção devido à exploração madeireira e fragmentação florestal. Informações sobre a diversidade genética e estrutura das populações existentes são necessárias para delinear estratégias para a conservação e manejo sustentável. Marcadores microssatélites são uma ferramenta eficaz para entender e quantificar os efeitos da fragmentação na diversidade genética. Sete marcadores microssatélites foram desenvolvidos e validados usando uma amostra de 98 indivíduos da espécie. O número de alelos por locos variou de 3 a 25, as heterozigosidades observada e esperada variaram de 0,051 a 0,909 e 0,050 a 0,930, respectivamente, o índice de fixação corrigido para alelos nulos variou de 0,036 a 1,0 e todos os marcadores estão em equilíbrio genotípico de ligação. Este conjunto de marcadores microssatélites é adequado para estimar parâmetros de genética de populações e contribuir para o manejo sustentável, conservação e avaliar o parentesco e a paternidade de populações no melhoramento.

Palavras-chave: Conservação Genética; Diversidade Genética; Genética de Populações; Sequências Simples Repetidas; SSR.

¹ Recebido para análise em 18.10.2019. Aceito para publicação em 20.12.2019.

² Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada (Interunidades) CENA/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, PO Box 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

³ Instituto Florestal, PO Box 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Universidade Estadual de Campinas, 13083-862, Campinas, SP, Brazil.

⁵ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Sul, PO Box 28, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil.

⁶ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 59500-000, Macau, RN, Brasil.

⁷ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira, A. Brasil, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

⁸ EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, EPqB Final W5 Norte, 70770-917, Brasília, DF, Brasil.

⁹ in memoriam

¹⁰ Corresponding author: Bruna Ibanes Aguiar - brunaibanes@yahoo.com.br

1 INTRODUCTION

Around the world, natural forests have been threatened by deforestation and fragmentation. However, tropical forests lose more area when compared to boreal forests (Song et al., 2018). Among the tropical forests, the Atlantic Forest is one of the most intensively impacted biome, since its extension has been reduced to only 12% when compared to its original coverage (Zwiener et al., 2017). From the remaining small and isolated forest tree fragments with reduced genetic variability and increased rates of self-fertilization follows generations with a greater proportion of inbred individuals (Tambarussi et al., 2015, 2017).

Balfourodendron riedelianum Engl. (Engl.) is an outstanding tree native from Atlantic Forest. It grows up to 35 m tall and 100 cm in diameter at breast height, with hermaphrodite flowers pollinated by small insects, and anemochoric seeds dispersed by the wind (Carvalho, 2004). It is currently listed as endangered species (International Union for Conservation of Nature - IUCN, 2019). due to the intensive exploitation of its high wood value and to the overall fragmentation of the Atlantic forest biome (Carvalho, 2004). With the objective of contributing to genetic conservation and potential breeding efforts, this study reports the development of an initial set of microsatellite markers for *B. riedelianum*.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Microsatellite markers development

Total genomic DNA was extracted from fresh leaves collected from a single *B. riedelianum* individual using the protocol by Inglis et al. (2018), and the voucher was deposited at Universidade de São Paulo herbarium, São Paulo, Brazil (voucher number: ESA142827). A microsatellite-enriched genomic library was constructed following the protocol by Billotte et al. (1999). The *AfaI* enzyme (Invitrogen, Carlsbad, California, EUA) was used to digest genomic DNA of *B. riedelianum* enriched using (CT)₈ and (GT)₈ motifs. Enriched fragments were cloned using *pGEM-T-Vector* (Promega Corporation, Madison, Wisconsin, EUA) and ligation products were used to transform XL1-BLUE *Escherichia coli* - competent cells (Stratagene, California,

EUA). Transformed cells were cultivated in 100 µg/mL ampicillin, 50 µg/mL X-galactosidase, and isopropyl β-D-1 thiogalactopyranoside (IPTG). Ninety-six positive clones (white colonies) were obtained and sequenced with *Afa21* (5'-CTCTTGCTTACGCGTGGACTA-3') and *Afa25* (5'-TAGTCCACGCGTAAGCAAGAGCACA-3') in 3730/3730xl Data Collection Analyzer (Applied Biosystem, Foster City, California, USA) using the BigDye v3.1 terminator kit (Applied Biosystem). Of the 96 positive clones, microsatellites loci were found in 40 of them. Dinucleotide motifs were most abundant followed by compound, tri and tetranucleotide motifs (65, 30, 2.5 and 2.5%, respectively). Twenty-two microsatellite sequences were located at the ends of respective sequences, precluding the design of the primers.

The vector segments were removed from each of the sequences by VecScreen (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/vecsreen/>) and the primers were designed considering sequences with 40–60% GC content in Primer 3Plus (Untergasser et al., 2012), with final products ranging from 95 to 300 base pairs (bp) and primer size ranges from 18 to 22 bp. In order to increase specificity of allele amplification and reduce stutter, a 5'-GTTTCTT-3' pig-tail was added to the 5' end of the reverse unlabeled primers (Brownstein et al., 1996). PCR reactions in multiplexed systems were carried out in 10 µl volumes containing 1 µl of 10 × Qiagen Multiplex PCR Buffer (Qiagen Inc., Valencia, CA, USA), equal concentration (0.1 µM) of all primers for all microsatellite markers co-amplified, and 2.0 ng of genomic DNA. The recommended Qiagen Multiplex PCR Handbook cycling protocol was used with an annealing temperature of 60 °C and 30 PCR cycles. PCRs were carried out in triplex or duplex systems combining markers in such a way that loci whose alleles migrate in the same size range were labeled with different fluorochromes either 6-FAM (blue), NED (yellow), or VIC (green). An aliquot of 1 µl of PCR mixture was mixed with 1 µl of ROX-labeled size standard (Brondani and Grattapaglia, 2001) and 10 µl of Hi-Di formamide (Applied Biosystems, Foster City, CA). The mixture was electroinjected in an ABI 3100XL genetic analyzer and data collected under dye set D spectral calibration using Genescan and analyzed with Genotyper (Applied Biosystems).

2.2 Analysis of genetic diversity, null alleles and linkage disequilibrium

A total of 98 randomly selected but unrelated individuals were sampled from a provenance and progeny trial of *B. riedelianum* located in the Experimental Station of Luiz Antonio (21°40' S, 47°49' W), São Paulo State, Brazil. Genetic diversity, fixation index (F) and genotypic linkage disequilibrium (LD) were estimated using FSTAT 2.9.3.2. software (Goudet, 1995). To test whether F values were significantly different from zero and to evaluate the presence of genotypic linkage disequilibrium, 1,000 Monte Carlo permutations (alleles among individuals) associated with Bonferroni correction (95%, $\alpha = 0.05$) were used. The INEST 2.0 software (Chibicki and Burczyk, 2009) was used to identify null alleles (*Null*), using a Bayesian approach (IIM) and the fixation index was corrected (F_{Null}) for loci showing significant frequency of null alleles.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Suitable microsatellites for primer design were only found in 18 sequences (18.7%), eight tested microsatellite loci yielded successfully amplified fragments and their information is shown in Table 1. From the eight microsatellite markers tested one was monomorphic. For the seven polymorphic markers the number of alleles per locus (k) ranged from 3 to 25, the observed and expected heterozygosities ranged from 0.051 to 0.908 and 0.050 and 0.909 respectively, the corrected fixation index for null alleles ranged from 0.036 to 1.0 and all markers were found in linkage equilibrium (Table 2). Significant presence of null alleles was detected at loci Bri16 and Bri17 ($Null = 0.129$ and 0.229 , respectively). However, after correction for null alleles the fixation index decreased ($F_{Null} = 0.422$ and 0.535 to 0.137 and 0.036 , respectively), and the observed ($H_o = 0.398$ and 0.423 to 0.643 and 0.856 , respectively) and expected heterozygosity estimates ($H_e = 0.688$ and 0.909 to 0.745 and 0.887 , respectively) were also modified. Loci Bri4 and Bri23 showed a negative fixation index, indicating heterozygosity excess and absence of null alleles. Of the 560 permutations performed between pairs of loci, neither showed genotypic linkage disequilibrium after Bonferroni correction ($P = 0.05$).

These seven microsatellite markers also showed the Mendelian inheritance pattern and the absence of genetic linkage, proven based on 235 open-pollinated seedlings collected from 17 heterozygous mother trees, indicating that these molecular markers can be used as genetic markers (Aguar et al., 2019). From the confirmation of linkage equilibrium and Mendelian inheritance, the seven DNA markers were used to analyze the genetic diversity, inbreeding, pollen dispersion, mating system, and inbreeding depression of 1335 individuals of *B. riedelianum* in a provenance and progeny test established at the Experimental Station of Luis Antônio (Aguar et al., 2020, no prelo). A total of 93 alleles were identified, with high observed ($H_o = 0.58$) and expected ($H_e = 0.58$) heterozygosities and low fixation index ($F = -0.01$), in addition to high outcrossing rate ($t_m = 0.93$), which suggests that the species reproduces predominantly by crossbreeding. However, some self-fertilization ($s = 0.07$) and mating among related trees ($t_m - t_s = 0.20$) events have also been observed, suggesting that the species is self-compatible. The inbreeding depression was evaluated by comparing the growth of quantitative traits measured in seedlings originated from mating among unrelated trees with those originated from self-fertilization and mating among related trees. Seedlings originated from mating among unrelated trees showed the higher root-collar circumference ($RCC = 3.34$ mm), plant height ($H = 14.6$ cm) and observed heterozygosity ($H_o = 0.51$), and low fixation index ($F = 0.06$) than seedlings originated from self-fertilization ($RCC = 3.01$ mm, $H = 14.0$ cm, $H_o = 0.24$, $F = 0.59$) and mating among related trees ($RCC = 3.13$ mm, $H = 13.78$ cm, $H_o = 0.38$, $F = 0.33$). These results indicate an inbreeding depression for self-fertilization of 9.7 and 4.1% for RCC and H , respectively and for mating among related trees of 6.1 and 5.6% for RCC and H , respectively. These results were used to determine the selective logging in the provenance and progeny test, in order to minimize the inbreeding originated from mating among related trees and to produce seeds with less inbreeding to be used in environmental restorations (Aguar et al., 2020, no prelo). Therefore, this set of microsatellite markers can be useful to estimate population genetic parameters in support of sustainable management and conservation programs and to assess the relationship and paternity in breeding populations.

Table 1. Nuclear microsatellite loci for *Balfourodendron riedelianum* with motifs, primers sequences, allelic size range in base pairs and Genbank accession numbers.Tabela 1. Locos nucleares microsatélites para *Balfourodendron riedelianum* com motivos, sequência dos primers, amplitude alélica em pares de base e números de acesso no Genbank.

Loci	Motifs	Primer sequence	Size (pb)	GenBank accession no.
Bri4	(AC)19	F: GTCCACTGCTCATGTCAACAC R: GACAACAAGAGAGGGGATGC	145-170	MG642961
Bri6	(GA)6	F: CGGTCCGGTCTGAGTTTTAC R: CGTGGTCCAAATCTACAAAGG	96-120	MG642962
Bri10	(CA)15	F: CTCGACCCAATCTTATGCAA R: TTTTTTGGTAGCGGGGAGTA	140-190	MG642963
Bri13	(TG)6	F: TTAAATGCCCAAAAAGGATG R: TGGGAATAGACAGAGGGAAAA	119-140	MG642964
Bri16	(CT)8	F: TTCCTTATCTGGGGTGGAGA R: AAAGAACGAAGCAGCCAAAC	230-270	MG642965
Bri17	(TG)18	F: GCGATCGTAGAGAAAAACAACA R: GAGGGTTCGCGATGTAAGA	230-274	MG642966
Bri21	(TC)9 (TA) 4 (TG)8	F: GGTAAGAGCCAAAGGCAACA R: ACGGGATCATGGCAATTTT	180-210	MG642967
Bri23	(CA)6	F: TGATAGCTCTCAGATTGATTCTGTC R: TCCAATTCGGAGGCTTACAT	97-110	MG642968

Table 2. Microsatellite characterization based on genotyping 98 unrelated individuals of *Balfourodendron riedelianum*.Tabela 2. Caracterização dos microsatélites com base na genotipagem de 98 indivíduos de *Balfourodendron riedelianum* sem parentesco.

Loci	N	N_G	k	R	H_e	H_o	F	$Null$	F_{Null}
Bri4	98	98	4	4.00	0.551	0.908	-0.640	0.000	-0.640
Bri6	98	98	1	1.00	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
Bri10	98	97	18	18.00	0.903	0.794	0.121	0.017	0.121
Bri13	98	98	3	3.00	0.390	0.367	0.057	0.000	0.057
Bri16	98	98	12	11.95	0.688	0.398	0.422	0.129*	0.137
Bri17	98	98	25	25.00	0.909	0.423	0.535	0.229*	0.036
Bri21	98	98	6	6.00	0.752	0.704	0.064	0.000	0.064
Bri23	98	97	4	3.98	0.050	0.051	-0.021	0.000	-0.210
Mean	98	97.5	9.12	9.11	0.530	0.456	0.191	0.047	0.036

N = sampled individuals; N_G = genotyped individuals; k = number of alleles per locus; R = allelic richness; H_e = expected heterozygosity; H_o = observed heterozygosity; F = fixation index; $Null$ = null alleles; F_{Null} = corrected fixation index; * $P \geq 0.01$.

N = indivíduos amostrados; N_G = indivíduos genotipados; k = número de alelos por locos; R = riqueza alélica; H_e = heterozigosidade esperada; H_o = heterozigosidade observada; F = índice de fixação; $Null$ = alelos nulos; F_{Null} = índice de fixação corrigido; * $P \geq 0,01$.

4 CONCLUSION

Seven microsatellite loci for *B. riedelianum* showed a moderate to high level of polymorphism and no genotypic linkage disequilibrium was detected. Finally, these microsatellite markers are the first set development to the species.

5 ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported financially by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP. (contract number: 2014/27143-9). Author "BIA" was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Finance Code 001). Authors "AMS", "MLMF", "MLTM" and "PYK" were supported by research scholarships from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. Finally, we thank Dr. Evelyn Roberta Nimmo for editing the English of the manuscript.

REFERENCES

- AGUIAR, B.I. et al. Validation of microsatellite loci for *Balfourodendron riedelianum* through analysis of Mendelian inheritance, genetic linkage, and genotypic linkage disequilibrium. **Silvae Genetica**, v. 68, n. 1, p. 81-84, 2019.
- AGUIAR, B.I. et al. The effects of pollen dispersal and mating pattern on inbreeding depression and hybrid vigor in *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Rutaceae). **Conservation Genetics**, v. 21, n. 2, 2020. No prelo.
- BILLOTTE, N. et al. Microsatellites-enriched libraries: applied methodology for the development of SSR markers in tropical crops. **Fruits**, v. 54, n. 4, p. 277-288, 1999.
- BRONDANI, R.P.V.; GRATTAPAGLIA, D. A simple and cost effective method to synthesize a fluorescent labeled internal DNA standard for fragment sizing in an automatic sequencer. **Biotechniques**, v. 31, n. 4, p. 793-800, 2001.
- BROWNSTEIN, M.J.; CARPTEN, J.D.; SMITH, J.R. Modulation of non-templated nucleotide addition by Taq DNA polymerase: primer modifications that facilitate genotyping. **Biotechniques**, v. 20, n. 6, p. 1004-1009, 1996.
- CARVALHO, P.E.R. Pau-marfim, *Balfourodendron riedelianum*. **Circular técnica** Embrapa Florestas, v. 93, n. 1, p. 1-11, 2004.
- CHYBICKI, I.J.; BURCZYK, J. Simultaneous estimation of null alleles and inbreeding coefficients. **Journal of Heredity**, v. 100, n. 1, p. 106-113, 2009.
- GOUDET, J. Fstat. (Version 2.9.3.2.): A computer program to calculate F-statistics. **Journal of Heredity**, v. 86, n. 6, p. 485-486, 1995.
- INGLIS, P.W. et al. Fast and inexpensive protocols for consistent extraction of high quality DNA and RNA from challenging plant and fungal samples for high-throughput SNP genotyping and sequencing applications. **PLoS ONE**, v. 13, n. 10, p. e0206085, 2018.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **Red List of Threatened Species**. 1998: e.T32987A9741568. Version 2015-4. 2019. Available at: <<https://www.iucnredlist.org/species/32987/9741568>>. Access at: 10 Dec., 2019.
- SONG, X.P. et al. Global land change from 1982 to 2016. **Nature**, v. 560, n. 1, p. 639-643, 2018.
- TAMBARUSSI, E.V. et al. Paternity analysis reveals significant isolation and near neighbour pollen dispersal in small *Cariniana legalis* Mart. Kuntze populations in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 23, p. 5588-5600, 2015.
- TAMBARUSSI, E.V. et al. Inbreeding depression from selfing and mating between relatives in Neotropical tree *Cariniana legalis* Mart. Kuntze. **Conservation Genetics**, v. 18, n. 1, p. 225-234, 2017.

UNTERGASSER, A. et al. Primer3 - new capabilities and interfaces. **Nucleic Acids Research**, v. 40, n. 15, p. e115, 2012.

ZWIENER, V.P. et al. Planning for conservation and restoration under climate and use change in Brazilian Atlantic Forest. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 955-966, 2017.



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Secretaria de
Infraestrutura e Meio Ambiente