

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AMANDA PACHECO CARDOSO MOURA

ECOLOGIA POPULACIONAL EM JABOTICABAIIS NO SUDOESTE  
DO PARANÁ

TESE

PATO BRANCO  
2020

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AMANDA PACHECO CARDOSO MOURA**

**ECOLOGIA POPULACIONAL EM JABOTICABAIIS NO SUDOESTE  
DO PARANÁ**

**TESE**

**PATO BRANCO**

**2020**

AMANDA PACHECO CARDOSO MOURA

**ECOLOGIA POPULACIONAL EM JABOTICABAIIS NO SUDOESTE  
DO PARANÁ**

**Population ecology in jaboticabais in Southwest Paraná**

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner

Coorientador: Dr. Patrícia Póvoa de Mattos

Coorientador: Prof. Dr. Joel Donazzolo

PATO BRANCO

2020



## TERMO DE APROVAÇÃO DE TESE Nº 69

A Tese de Doutorado intitulada “Ecologia populacional em jaboticabais no Sudoeste do Paraná” defendida em sessão pública pela candidata **Amanda Pacheco Cardoso Moura**, no dia 14 de outubro de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Horticultura e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA:

|  |
|--|
| Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani – UFMT/Cuiabá  |
| Dr. Evaldo Muñoz Braz – Embrapa Florestas/Colombo    |
| Dr. Mauricio Romero Gorenstein – UTFPR/Dois Vizinhos |
| Dr. Américo Wagner Júnior – UTFPR/Dois Vizinhos      |
| Dra. Angela Rohr - Embrapa Clima Temperado/Pelotas   |
| Dr. Moeses Andriago Danner – UTFPR/Pato Branco       |

Este Termo de Aprovação encontra-se na pasta da aluna na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação realizada após a entrega da versão final, incluindo correções necessárias, permitindo o encaminhamento para análise e publicação no Repositório Institucional.

Assinado eletronicamente por

PROF. DR. ALCIR JOSÉ MODOLO  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Agronomia

Dedico este trabalho a minha família, que sempre acreditaram e apoiaram os meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a minha família, em especial a minha mãe Alene, que sempre me incentivou e me apoiou para alcançar os meus objetivos. Além de ser a minha inspiração de mulher forte, independente e livre, me ensinando que todas nós mulheres podemos ocupar o lugar que desejamos.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner, por ter confiado esse trabalho e tantos outros projetos aos meus cuidados. O período da pós-graduação foi enriquecedor para mim, e todos os ensinamentos que o senhor proporcionou me tornaram uma profissional melhor.

Agradeço a minha coorientadora Dra. Patrícia Povia de Mattos por toda a ajuda e paciência durante a minha passagem pelo Laboratório de Anatomia da Madeira e Dendrocronologia. Além disso, pelas valiosas correções da tese e dos artigos escritos em parceria.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Joel Donazzolo por todas as dicas na minha banca de qualificação, que me fizeram ter um olhar mais preciso para a tese, bem como pelas valiosas correções da tese e dos artigos escritos em parceria.

Agradeço também ao Dr. Evaldo Muñoz Braz e a Dra. Aline Canetti por toda a ajuda prestada a mim, durante a análise dos dados de crescimento das jaboticabeiras.

Meu agradecimento também ao Dr. Yves Rafael Bovolenta pelo auxílio nas análises do modelo de projeção integral.

Agradeço a todos os meus amigos do Laboratório de Horticultura, Vanessa, Bruna, Angela, Letícia, Luana e Rafael, por sempre estarem dispostos a me ajudarem no campo, ou com análises estatísticas, mas também por todas as palavras de apoio, o chimarrão e o bate-papo, e as cervejinhas no Cana Benta. Com certeza essa caminhada foi mais fácil com vocês.

Também gostaria de agradecer a todos os amigos que fiz durante essa trajetória em Pato Branco e na UTFPR, que sempre de alguma forma tornaram as coisas mais fáceis.

Agradeço aos meus professores do PPGAG por toda troca de conhecimento, bem como a secretaria do programa por todo auxílio prestado.

Meu agradecimento aos proprietários dos remanescentes estudados, por cederem os locais para a realização da pesquisa.

Agradeço ao Observatório Nacional, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, por disponibilizar os dados de fotoperíodo, utilizados neste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

MOURA, Amanda Pacheco Cardoso. Ecologia populacional em jaboticabais no Sudoeste do Paraná. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

No Sudoeste do Paraná, foram identificados fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, onde existem alta densidade de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), denominados jaboticabais. Nestes locais ocorre colheita extrativista dos frutos (jaboticabas) e outras ações antrópicas que podem alterar a regeneração natural da espécie. O presente trabalho teve como objetivo verificar aspectos de ecologia populacional em jaboticabeiras através de estudos sobre a fenologia vegetativa e reprodutiva, crescimento e dinâmica da regeneração da espécie. Acompanhou-se a fenologia vegetativa e reprodutiva de 15 jaboticabeiras em três locais (CL, PB e VT) durante três anos. O incremento diamétrico foi avaliado a partir da dendrocronologia e ajustou-se equações de crescimento para jaboticabeiras adultas em CH, CL, PB e VT. Foram delimitadas unidades amostrais em CL, PB e VT para análise da regeneração, e calculou-se a distribuição diamétrica, densidade, mortalidade e os parâmetros de crescimento, sobrevivência e elasticidade através do modelo de projeção integral (IPM). Nesses locais também se observou a quantidade de frutos remanescentes após colheita extrativista. A duração total do ciclo foi diferente entre os locais, com CL apresentando maior duração (120 dias) das fenofases reprodutivas, o que foi associado a menor temperatura média do local. Temperatura e fotoperíodo foram as melhores variáveis preditoras para folha jovem e botão floral. As séries cronológicas atingiram períodos de ~120 anos em CH, PB e VT e ~75 anos em CL. O modelo Chapman-Richards apresentou melhor aderência as séries cronológicas individualmente em cada local, enquanto o modelo Monomolecular representou melhor o conjunto total de dados para a espécie. Pela primeira vez demonstrou-se o crescimento e idade de jaboticabeiras por dendrocronologia. Os resultados permitem estimar a época de estabelecimento dos jaboticabais na região e definir estratégias de manejo e conservação da espécie. Registrou-se pela primeira vez a fusão de troncos para espécies do gênero *Plinia*, verificada pelas medulas duplas encontradas nas amostras. A análise da regeneração mostrou alta densidade de indivíduos das menores classes de tamanho, porém baixo número de indivíduos de tamanho intermediário, resultado do histórico de ações antrópicas dos locais. A taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) para o intervalo total de coletas, indicou que os três jaboticabais estudados possuem populações estáveis e com pouco crescimento. A maior probabilidade de mortalidade ocorreu nos menores indivíduos (< 0,3 m de altura), e os resultados de elasticidade mostraram que a sobrevivência é o principal fator a ser considerado na conservação da espécie. O número de frutos remanescentes após colheita foi considerado suficiente para regeneração. A partir destes resultados são sugeridas ações de conservação dos jaboticabais, tais como retirada do pastejo do gado e evitar roçada da vegetação regenerante na época da colheita, a fim de preservar as jaboticabeiras regenerantes e garantir o recrutamento entre classes de tamanho.

**Palavras-chave:** jaboticaba. Regeneração (Biologia). Fenologia. Dendrocronologia.



## ABSTRACT

MOURA, Amanda Pacheco Cardoso. Population ecology in jaboticabais in Southwest Paraná. 119 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

In the Southwest of Paraná, several forest fragments of Mixed Ombrophylous Forest were identified, with a high density of jaboticabeira (*Plinia cf peruviana*), named as jaboticabais. In these places there is extractive harvest of fruits (jaboticabas) and other anthropic actions, that can alter the natural regeneration of the species. We aimed with this work verify population ecology in jaboticaba trees through studies on vegetative and reproductive phenology, diameter growth of jaboticaba trees and regeneration dynamics. We observed the vegetative and reproductive phenology of 15 jaboticaba trees in three municipalities (CL, PB and VT) during three years. From the dendrochronology, we evaluated the diametric increment and adjusted growth equations for adult jaboticaba trees in CH, CL, PB and VT. We delimit sample units in CL, PB and VT to analyse regeneration, and calculate the diametric distribution, density, mortality and parameters for growth, survival and elasticity using Integral Projection Model (IPM). In these places we also observed the amount of fruits remaining after extractive harvest. The total duration of the cycle was different between sites, and CL had longer duration (120 days) of reproductive phenophases, which was associated with lower mean temperature of the site. Temperature and photoperiod were the best predictor variables for young leaf and flower bud. The time series reached periods of ~ 120 years in CH, PB and VT and ~ 75 years in CL. Chapman-Richards model showed better adherence to the time series individually at each location, while Monomolecular model better represented the total data set for the species. For the first time we demonstrated the growth and age of jaboticaba trees by dendrochronology. The results allow to estimate establishment of jaboticabais in the region and to define strategies of management and conservation of the species. We first recorded the fusion of logs for species of the genus *Plinia*, verified by the double marrow found in the samples. The regeneration showed high density of individuals of the smallest size classes, but gaps between individuals of intermediate size, result of the history of anthropic actions of the sites. The finite population growth rate ( $\lambda$ ) for the total collection interval, indicated that the three studied jaboticabais have stable populations with little growth. The highest probability of mortality occurred in the smallest individuals (<0.3 m of height), and the results of elasticity showed that survival is the main factor to be considered in the conservation of the species. The number of fruits remaining after harvest was considered sufficient for regeneration. From these results we suggest conservation actions for jaboticabais, such as removing grazing from cattle and avoid cut of regenerating vegetation at harvest time, in order to preserve the regenerating jaboticabeiras and ensure recruitment between size classes.

**Keywords:** jaboticaba. Regeneration (Biology). Phenology. Dendrochronology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Representação dos jaboticabais estudados em Chopinzinho (A), Clevelândia (B), Pato Branco (D) e Vitorino (C). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....32
- Figura 2 – Localização dos remanescentes estudados em três municípios do sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 36
- Figura 3 – Temperaturas máximas ( $T_{\text{máxima}}$ ), médias ( $T_{\text{média}}$ ) e mínimas ( $T_{\text{mínima}}$ ), e precipitação acumulada no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2019 nos jaboticabais de A. Clevelândia (CL), B. Pato Branco (PB) e C. Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....37
- Figura 4 – Representação das fenofases vegetativas e reprodutivas estudadas para a espécie *Plinia* cf. *peruviana* (A-E). F. Abertura do botão floral. G. Flores Abertas. H. Frutos verdes. I. Fruto maduro. Círculos brancos representam a diferença na cor e no meristema apical entre folhas jovens e maduras. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....39
- Figura 5 – Localização dos remanescentes estudados em quatro municípios do Sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 41
- Figura 6 – Representação da coleta de amostras de jaboticabeira pelo método não destrutivo (baguetas). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....42
- Figura 7 – Croqui representando a disposição das parcelas a campo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 45
- Figura 8 – Diagrama de Gantt para renovação foliar (brotação), floração e frutificação de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*) durante 2017 a 2019 em Clevelândia, Pato Branco e Vitorino, PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....48
- Figura 9 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de atividade (IA) das fenofases vegetativas, folhas maduras (FM) e brotações (BR) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....50
- Figura 10 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Fournier (IF) das fenofases vegetativas, folhas maduras (FM) e brotações (BR) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....51
- Figura 11 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de atividade (IA) das fenofases reprodutivas, botão floral (BF) e antese (AT) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....52
- Figura 12 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Fournier (IF) das fenofases reprodutivas, botão floral (BF) e antese (AT) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....53
- Figura 13 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de atividade (IA) das fenofases reprodutivas, fruto imaturo (FRI) e fruto maduro (FRM) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....54
- Figura 14 – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Fournier (IF) das fenofases reprodutivas, fruto imaturo (FRI) e fruto maduro (FRM) de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....55

|  |    |
|--|----|
| Figura 15 – Parcelas residuais parciais das covariáveis significativas no melhor modelo GAMLSS para índice de atividade. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 57 |
| Figura 16 – Crescimento diamétrico (cm ano <sup>-1</sup> ) entre classes diamétricas das jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 59 |
| Figura 17 – Tempo de passagem (anos) entre classes diamétricas das jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 60 |
| Figura 18 – Idade (anos) entre classes diamétricas das jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 61 |
| Figura 19 – Esquema representando troncos fundidos com medula dupla (A) e conformação de tronco fundido de jaboticabeira ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) a campo com visão frontal (B) e do verso da árvore (C), da qual a amostra apresentou medula dupla nas análises dendrocronológicas (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... | 62 |
| Figura 20 – Incremento diamétrico de árvores de jaboticabeira ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) que apresentaram medula dupla e medula simples em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 63 |
| Figura 21 – Curvas de crescimento diamétrico de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), ajustadas pelo modelo de Chapman-Richards. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 65 |
| Figura 22 – Curvas de crescimento diamétrico de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), ajustadas pelo modelo de Chapman-Richards. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 66 |
| Figura 23 – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Clevelândia (CL), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....   | 67 |
| Figura 24 – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Pato Branco (PB), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....   | 67 |
| Figura 25 – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 68 |
| Figura 26 – Densidade de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) por hectare de acordo com o tipo de parcela e época de amostragem em Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....   | 69 |
| Figura 27 – Porcentagem de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) mortas de acordo com o tipo de parcela e época de amostragem, nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 70 |
| Figura 28 – Probabilidade de sobrevivência de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) entre o tempo t (2018) e t+1 (2020) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....  | 71 |
| Figura 29 – Taxa de crescimento em altura de jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) entre o tempo t (2018) e t+1 (2020) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....   | 72 |
| Figura 30 – Elasticidade entre o tempo t e t+1 em jaboticabeiras ( <i>Plinia cf. peruviana</i> ) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.  | 72 |

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Diâmetro a altura do peito em cm (DAP) e altura em metros das jaboticabeiras em que foram coletadas as amostras não destrutivas, em cada local de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 42
- Tabela 2 – Modelos testados para ajuste de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia* cf. *peruviana*) em quatro jaboticabais no sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 44
- Tabela 3 – Parâmetros de estatística circular para o índice de intensidade de Fournier e o índice de atividade de acordo com as fenofases avaliadas nos jaboticabais de Clevelândia, Pato Branco e Vitorino, PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....49
- Tabela 4 – Resultados do modelo GAMLSS para o índice de intensidade de folhas jovens e botão floral de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*) em Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....56
- Tabela 5 – Estatística descritiva referente a datação realizada nas amostras de jaboticabeiras, de acordo com cada local de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....58
- Tabela 6 – Parâmetros estatísticos e coeficientes das equações de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia* cf. *peruviana*) ajustadas em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB), Vitorino (VT) e todos os locais (JB). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 64
- Tabela 7 – Número médio de frutos de jaboticabeira (*Plinia* cf. *peruviana*) remanescentes após colheita extrativista em CL (Clevelândia), PB (Pato Branco) e VT (Vitorino) durante três anos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020..... 73

## LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

|         |  |
|---------|--|
| AICC    | Índice de Akaike Corrigido                                   |
| ANOVA   | Análise de Variância   |
| ANT     | Antese   |
| AP      | Após Colheita Extrativista                                   |
| AT      | Antes da Colheita Extrativista                               |
| BF      | Botão Floral   |
| BIC     | Índice Bayesiano   |
| CH      | Município de Chopinzinho                                     |
| CL      | Município de Clevelândia                                     |
| cm      | Unidade de medida – centímetros                              |
| DAP     | Diâmetro a Altura do Peito                                   |
| Embrapa | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                  |
| FJ      | Folha Jovem  |
| FM      | Folha Madura   |
| FOM     | Floresta Ombrófila Mista                                     |
| FOTO    | Fotoperíodo  |
| FRM     | Fruto Maduro   |
| FRV     | Fruto Imaturo  |
| GAMLSS  | Modelo Aditivo Generalizado para Localização, Escala e Forma |
| IA      | Índice de Atividade  |
| IF      | Índice de Intensidade de Fournier                            |
| IPM     | Modelo de Projeção Integral                                  |
| JB      | Todos os jaboticabais  |
| M       | Unidade de medida – metros                                   |
| Mm      | Unidade de medida – milímetros                               |
| NDD     | Negative Density Dependence                                  |
| ns      | Valor não significativo                                      |
| °C      | Unidade de medida – graus Celsius                            |
| $p$     | Valor de $p$   |
| P       | Parcelas distantes de jaboticabeira matriz                   |
| P_EXT   | Parcelas com Colheita Extrativista                           |
| PB      | Município de Pato Branco                                     |
| PR      | Unidade da Federação – Paraná                                |
| $r$     | Tamanho do vetor   |
| $R^2$   | Coefficiente de Determinação                                 |
| RSME    | Raiz Quadrada do Erro Médio                                  |
| Syx     | Erro Padrão da Estimativa                                    |
| TCLE    | Termo de Consentimento Livre Esclarecido                     |
| TMAX    | Temperatura Máxima   |
| TMED    | Temperatura Média  |
| TMIN    | Temperatura Mínima   |
| UTFPR   | Universidade Tecnológica Federal do Paraná                   |
| VT      | Município de Vitorino  |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| $\%$      | Porcentagem     |
| $<$       | Menor           |
| $>$       | Maior           |
| $\sim$    | Aproximadamente |
| $\int$    | Integral        |
| $e$       | Número de Euler |
| $\beta$   | Beta            |
| $\lambda$ | Lambda          |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1 HIPÓTESES.....   | 16        |
| 1.2 OBJETIVOS.....   | 16        |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL.....  | 16        |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 16        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>  | <b>18</b> |
| 2.1 FATORES ANTRÓPICOS EM FLORESTAS.....   | 18        |
| 2.2 ESTUDOS FENOLÓGICOS.....   | 20        |
| 2.3 O ESTUDO DA DENDROCRONOLOGIA E O CRESCIMENTO DE ÁRVORES.....                     | 23        |
| 2.4 REGENERAÇÃO NATURAL DE PLANTAS.....  | 26        |
| 2.5 A JABOTICABEIRA.....   | 28        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>32</b> |
| 3.1 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DE USO DAS ÁREAS ESTUDADAS.....                            | 32        |
| 3.2 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA.....                         | 35        |
| 3.3 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA.....     | 40        |
| 3.4 ANÁLISE DEMOGRÁFICA DA REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA.....                         | 44        |
| <b>4 RESULTADOS.....</b>   | <b>48</b> |
| 4.1 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA.....                         | 48        |
| 4.2 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA.....     | 58        |
| 4.3 ANÁLISE DEMOGRÁFICA DA REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA.....                         | 66        |
| <b>5. DISCUSSÃO.....</b>   | <b>74</b> |
| 5.1 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA.....                         | 74        |
| 5.2 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA.....     | 77        |
| 5.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DE REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA.....                         | 81        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>86</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>88</b> |
| APÊNDICE A – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Chopinzinho.<br>..... | 103       |
| APÊNDICE B – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Clevelândia.<br>..... | 104       |
| APÊNDICE C – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Pato Branco.<br>..... | 105       |

|   |     |
|---|-----|
| APÊNDICE D – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Vitorino.....  | 106 |
| APÊNDICE E – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em todos os locais.....   | 107 |
| APÊNDICE F – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e idade (anos), em Chopinzinho..... | 108 |
| APÊNDICE G – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e idade (anos), em Clevelândia..... | 109 |
| APÊNDICE H – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e idade (anos), em Pato Branco..... | 110 |
| APÊNDICE I – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e idade (anos), em Vitorino.....    | 111 |
| APÊNDICE J – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras $\text{ha}^{-1}$ ) e mortalidade (%) em Clevelândia.....                 | 112 |
| APÊNDICE K – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras $\text{ha}^{-1}$ ) e mortalidade (%) em Pato Branco. ....                | 113 |
| APÊNDICE L – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras $\text{ha}^{-1}$ ) e mortalidade (%) em Vitorino.....                    | 114 |
| APÊNDICE M – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para a variável número médio de frutos remanescentes.....  | 115 |
| Número médio de frutos remanescentes.....   | 115 |



## 1 INTRODUÇÃO

A estrutura florestal pode ser modificada por ações antrópicas, devido à diminuição no número de indivíduos, no fornecimento de sementes e no número de animais dispersores e polinizadores (ABREU et al., 2014; GUARINO et al., 2014). Isso também pode interferir na capacidade da população em se regenerar (NAZARENO; REIS 2014). Muitas florestas também podem ter sido manejadas através de ações antropogênicas, realizadas por populações tradicionais. Isso permitiu a alteração na estrutura original das comunidades florestais, principalmente de espécies utilizadas como alimento (BALÉE, 2010). Como exemplo, podemos citar o caso da castanheira (*Bertholletia excelsa*), na Amazônia (LEVIS et al., 2017), ou uso de sementes de araucária (*Araucaria angustifolia*) e o manejo das florestas por populações indígenas (ROBINSON et al., 2018).

Na região Sudoeste do Paraná as populações tradicionais que habitavam a região pertenciam a tribo Kaingang do grupo linguístico Jê, os quais ocuparam aldeias abandonadas dos tupis-guaranis localizadas no vale do Tibagi e no 3º planalto Paranaense (MAACK, 2002). Esse povo foi responsável pela ocupação, inicialmente da área de Palmas, e partir dali povoaram o restante do Sudoeste do Paraná (WACHOWICZ, 1983).

Em áreas muito alteradas, devido a ações antrópicas como retirada extrativista de madeira, presença de gado, isolamento de remanescentes, entre outras atividades, a utilização de produtos florestais não madeireiros se torna alternativa viável para fomentar o uso e conservação da floresta. O uso da floresta e a agregação de valor pela comercialização dos seus produtos gerados pelas plantas que a compõem, e aumenta o interesse da população pela conservação ambiental (ZUCHIWSCHI et al., 2010). A exploração deve seguir planos de manejo, os quais poderão garantir a sustentabilidade da atividade. Para desenvolver estratégias de manejo visando à conservação e uso sustentável de espécies, é imprescindível o entendimento de seus aspectos ecológicos. Desta forma, estudos sobre regeneração natural, estrutura populacional (NAZARENO; REIS, 2014) e dinâmica de crescimento (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006), são imprescindíveis. Além disso, quando se trabalha com a exploração de produtos florestais não madeireiros, estudos fenológicos são de extrema importância na determinação correta da época

de colheita (MORELLATO et al., 2016) e de eventual normatização da atividade, a exemplo do que acontece com a araucária no Paraná (IAP, 2015).

Na região Sudoeste do Paraná, já foram mapeados ao menos 14 fragmentos de Floresta Ombrófila Mista (FOM) com ocorrência de jaboticabeira em alta densidade (média de 20 jaboticabeiras ha<sup>-1</sup>), os chamados jaboticabais (DANNER et al., 2010). Estes locais são caracterizados por serem fragmentos de reserva legal, circundados por lavouras e alvo de colheita extrativista de jaboticabas ou outros usos antrópicos. Em alguns locais há ocorrência de ações como pastejo de gado e roçadas da vegetação regenerante, com o intuito de auxiliar na colheita. A colheita extrativista é feita pelos proprietários ou pela população dos municípios, com os frutos sendo vendidos às margens das rodovias da região. Entretanto, a forma ideal de comercialização seria por meio da elaboração de plano de manejo sustentável, que hoje é inexistente. Para isso, é imprescindível averiguar como as atividades antrópicas presentes nos jaboticabais, podem afetar a dinâmica ecológica da espécie e sua possível relação na comunidade biológica. A partir disso, verificar a necessidade de definir parâmetros de uso que permitam tanto o extrativismo, mas a conservação da espécie alvo e das espécies a ela relacionadas.

A jaboticabeira possui importância ecológica nas florestas da região por ser fonte de alimento para a avifauna. Além disso, a espécie possui potencial comercial devido a apreciação dos frutos in natura ou por meio de produtos (ex: geleias e bebidas fermentadas), bem como pelo potencial medicinal, por apresentar altas concentrações de antocianinas e flavonoides, utilizados contra radicais livres. Devido a estas características, estudos vêm sendo desenvolvidos desde 2001 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Pato Branco. Atualmente, o Grupo de Pesquisas em Fruteiras Nativas desenvolve projetos visando obter a dinâmica populacional e da diversidade genética de jaboticabeiras na região Sudoeste do Paraná.

Neste particular, esta tese visa elucidar as seguintes questões:

1. Como as fenofases vegetativas e reprodutivas da espécie se comportam ao longo do ano por influência das variáveis meteorológicas?
2. Como é a taxa de incremento diamétrico da espécie ao longo dos anos? Existe diferença no crescimento entre jaboticabais? As populações

indígenas da região Sudoeste do Paraná foram responsáveis pela estrutura e distribuição dos jaboticabais?

3. Existe influência negativa da colheita extrativista de frutos na dinâmica da regeneração da espécie? Como fatores antrópicos no atual contexto de uso podem interferir na regeneração da espécie?

## 1.1 HIPÓTESES

– O período reprodutivo da espécie e a quantidade de frutos produzidos é influenciado por diferenças na temperatura média e fotoperíodo nos locais estudados;

– Os jaboticabais apresentam idade semelhante entre si e taxa de crescimento baixa durante todo o seu ciclo de vida.

– As populações estudadas já atingiram a maturidade no crescimento;

– A alta densidade de indivíduos adultos de jaboticabeira pode estar relacionada ao histórico de manejo e ações antropogênicas que ocorreram nas áreas estudadas;

– A colheita extrativista de jaboticabas reduz o potencial de regeneração da jaboticabeira pela diminuição dos frutos/sementes remanescentes e pelo aumento da mortalidade de indivíduos jovens.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar aspectos de ecologia populacional em jaboticabeiras [*Plinia* cf. *peruviana* (Poir.) Govaerts], considerando estudos sobre a fenologia vegetativa e reprodutiva, taxas de crescimento e dinâmica do recrutamento e regeneração.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar a renovação foliar, floração e frutificação de jaboticabeiras em diferentes condições locais;
2. Estimar a idade e o padrão de crescimento das jaboticabeiras;
3. Caracterizar a regeneração e recrutamento natural de diferentes populações por meio de parâmetros de dinâmica populacional, antes e após colheita extrativista de frutos;
4. Estimar o número de frutos remanescentes após colheita extrativista.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FATORES ANTRÓPICOS EM FLORESTAS

A maioria dos remanescentes florestais sofreu ou sofre, influência de algum fator antrópico. Dentre os principais, tem-se a fragmentação florestal e a diminuição da população de animais dispersores de sementes (MARTENSEN et al., 2008), queimadas (SAHA; HOWE, 2006; SYAMPUNGANI et al., 2016), pastejo de gado (NAZARENO; REIS, 2014; PEREIRA et al., 2015), extrativismo madeireiro (PIROINEN et al., 2017; MONTAGNA et al., 2018), coleta de frutos e sementes (ZUIDEMA; BOOT, 2002; CAMPOS et al., 2017; LONDRES et al., 2017) e invasão de espécies exóticas (LOO et al., 2017).

De uma maneira geral, os períodos com a maior quantidade de fatores antrópicos atuantes nas florestas, coincidem com os ciclos econômicos e de desenvolvimento de uma região (HAUER, 2010). A mata Atlântica, por exemplo, vem sendo explorada desde a chegada dos portugueses ao Brasil (VIEIRA; GARDNER, 2012), no estado do Paraná a transformação da paisagem ocorre desde o século XIX (FAJARDO, 2018), coincidindo com a colonização do estado. Outro exemplo, seria a ocupação do território Amazônico a partir da década de 60, incentivado pelo governo, e realizado a partir da supressão de florestas nativas para conversão em atividades agrícolas (VIEIRA; GARDNER, 2012).

Esses fatores antrópicos podem diminuir a diversidade de plantas (ADDO-FORDJOUR et al., 2009), além de influenciar na sucessão ecológica de uma comunidade, uma vez que é possível favorecer a presença de determinada espécie por meio de perturbações, como a abertura do dossel (ex. *Araucaria angustifolia*) e desfavorecer a presença de outras (ex. *Dicksonia sellowiana*) (DALLABRIDA et al., 2017). Outro efeito é a anormalidade na estrutura demográfica das populações, principalmente de indivíduos que compõe a fase de regeneração. Isso ocorre por meio da ausência de classes diamétricas intermediárias (ZUIDEMA; BOOT, 2002; ANTHELME et al., 2011; NAZARENO; REIS, 2014) ou a distribuição diamétrica de forma unimodal (SYAMPUNGANI et al., 2016). Segundo Peres et al. (2003), em castanhais na Amazônia, a distribuição diamétrica apresentou lacuna entre plântulas e indivíduos adultos, indicando que houve comprometimento na dinâmica da

regeneração. A constante colheita de frutos mostra que os castanhais poderão sofrer com gargalo no recrutamento.

Populações tradicionais também são responsáveis pela modificação estrutural em comunidades. Estas transformações podem ter acarretado mudança da paisagem, considera-se escala primária. Isso resultaria na criação de ilhas florestais, mudanças na qualidade do solo, campos elevados, terraplanagens, entre outros. Em escala secundária, poderiam ocorrer alterações na composição e estrutura florestal em curto e médio prazo, pelo favorecimento de espécies para produção de alimentos próximo as habitações (BALÉE, 2008; BALÉE, 2010).

Na região neotropical da América, a distribuição de 41% das espécies de frutas não cultivadas e 70% das frutas cultivadas foram influenciadas por humanos (VAN ZONNEVELD et al., 2018). A floresta Maia do Leste de Petén, Guatemala, é outro exemplo de floresta antropogênica, pois os dados de florística e fitossociologia sugerem manejo humano no período clássico tardio (BALÉE; ERICKSON, 2006).

Na Amazônia este fenômeno já foi observado para espécies como mandioca (*Manihot esculenta*), pupunha (*Bactris gasipaes*), castanheira (*Bertholletia excelsa*), seringueira (*Hevea brasiliensis*) e cacau (*Theobroma* spp.) (LEVIS et al., 2017). Essas espécies são consideradas indicadoras de distúrbios antropogênicos, junto a presença da “terra preta de índio”, demonstrando a derrubada e queimada de locais para cultivo (BALÉE; CAMPBELL, 1990). Coletores extrativistas de sementes influenciaram a distribuição dos castanhais na Amazônia e o estabelecimento de novas populações (SHEPARD; RAMIREZ, 2011). Outro exemplo é a população de babaçu, concentrada próxima a aldeias indígenas (BALÉ, 2013). Para pupunheira, a expansão das populações para o Leste da Amazônia também é atribuída a atividades humanas (BUSH et al., 2015).

No Cerrado, populações tradicionais (Kraho) manejavam espécies frutíferas, criando mosaicos de florestas dentro da paisagem. As principais espécies manejadas eram babaçu (*Orbygnia* cf. *phalerata*), bacaba (*Oenocarpus bacaba*), buriti (*Mauritia vinifera*), caju (*Anacardium* spp.), coquinho-do-cerrado (*Syagrus flexuosa*), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), mangaba (*Hancornia* spp.), marmelada (*Alibertia* spp.), pequi (*Caryocar brasiliensis*) e puçá (*Mouriri pusa*) (MISTRY et al., 2005). Outras espécies que tiveram ocorrência favorecida pelo manejo por

populações tradicionais no Cerrado, foram araticum (*Annona coriacea*), Janaguba (*Himatanthus drasticus*), mangaba (*Hancornia speciosa*), barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*), faveira (*Dimorphandra gardneriana*), sucupira (*Bowdichia virgilioides*), faveira de bolota (*Parkia platycephala*), *Byrsonima sp.* e ameixa do mato (*Ximenia americana*) (SILVA et al., 2019).

A expansão da *Araucaria angustifolia* durante o período do holoceno, de áreas de campo para a formação de florestas é outro exemplo de interferência antropogênica, a qual foi atribuída pela utilização das sementes como alimento e o manejo das florestas por populações indígenas do tronco linguístico Macro-Jê (BITENCOURT; KRAUSPENHAR, 2006; ROBINSON et al., 2018)

## 2.2 ESTUDOS FENOLÓGICOS

A fenologia é definida como o estudo da frequência de eventos biológicos usuais, denominados como eventos fenológicos (NANDA et al., 2014). Segundo Lieth (1974) a fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos vegetativos e reprodutivos e que apresentam um caráter repetitivo. Esses estudos compõem a observação de todas as manifestações do desenvolvimento floral, desde a iniciação do botão floral, passando pela polinização e fertilização, até o crescimento dos frutos. Bem como, o acompanhamento da queda e renovação foliar (PEREIRA et al., 2009). Estudos fenológicos requerem maior tempo de avaliação, uma vez que os padrões observados, na maioria das vezes, são irregulares tanto em pequena como em grande escala (MORELLATO et al., 2000; BENCKE; MORELLATO, 2002 a).

A fenologia pode ser influenciada tanto por fatores de ordem biótica como abiótica. Dentre os fatores bióticos, a relação entre fenologia e animais polinizadores e dispersores de frutos/sementes, pode ser considerada uma das mais importantes (NUNES et al., 2008). Além disso, fatores bióticos podem incluir adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas, ou a influência da forma de vida da planta, uma vez que esse fator reflete a posição que a planta ocupa em um ambiente e como podem utilizar os recursos disponíveis (MARQUES; OLIVEIRA, 2004 a).

Os principais fatores abióticos que influenciam os eventos fenológicos em plantas estão relacionados com a incidência solar, variação de temperatura e precipitação (FOX et al., 1976; BENCKE; MORELLATO, 2002 b). Regiões sem deficit hídrico possibilita que a temperatura e o fotoperíodo atuem como reguladores fenológicos (MORELLATO et al., 2000; MENDOZA et al., 2017; MÜLLER; SCHMITT, 2018). A influência do fotoperíodo e temperatura pode ser observada com frequência em florestas subtropicais (MARQUES et al., 2004b; MÜLLER et al., 2019).

O fotoperíodo é um dos fatores responsáveis por determinar o tempo em que ocorrerá as fenofases (MENDOZA et al., 2017), bem como o sincronismo entre botão floral e florescimento (BORCHERT et al., 2015). O fotoperíodo é indicador confiável para determinar a época do ano, sendo mudança perceptível para as plantas. Desta forma, os eventos fenológicos poderão coincidir com condições ambientais ideais, como a temperatura (JACKSON, 2009). Portanto, o fotoperíodo pode ser responsável por regular o início e o sincronismo das fenofases, enquanto que a temperatura modulará a intensidade e o progresso visível de cada fenofase (KÖRNER; BASLER, 2010; BORCHERT et al., 2015).

A combinação de dois métodos para a avaliação dos eventos fenológicos é recomendada. Um exemplo é a utilização do índice de atividade e o percentual de intensidade de Fournier. O primeiro índice demonstra em qual fenofase os indivíduos se encontram. Também permite visualizar da proporção de indivíduos manifestando determinada fenofase e a duração das atividades (BENCKE; MORELLATO, 2002 a). O segundo índice indica a intensidade de cada fenofase. A determinação ocorre de forma quantitativa, proporcionando o melhor entendimento do comportamento fenológico das espécies (FOURNIER, 1974). Além disso, é necessário a avaliação sistemática dos eventos fenológicos, por meio de avaliações em períodos longos (NÚÑEZ-CRUZ et al., 2018).

Estudos fenológicos podem ser aplicados no entendimento da regeneração em comunidades arbóreas. Mudanças de ordem biótica (ex. fragmentação) ou abiótica (ex. mudanças climáticas) afetam os eventos fenológicos das plantas. Conseqüentemente, essas podem influenciar na germinação de sementes e no estabelecimento de plântulas (MORELLATO et al., 2016). Além disso, a fenologia facilita a percepção dos processos de reprodução das espécies e dá suporte ao entendimento da interação entre animais polinizadores, dispersores e



plantas (FOURNIER, 1974; FOX et al., 1976). A compreensão dos processos fenológicos também auxilia a elaboração de um calendário para colheita sustentável dos produtos não madeiráveis (MORELLATO et al., 2016), bem como geração de bioindicadores de impactos climáticos (TANNUS et al., 2006).

Estudos com a família Myrtaceae mostraram que fatores abióticos são os que mais afetam a fenologia das espécies. Esses fatores são representados por precipitação, temperatura média e fotoperíodo (STAGGEMEIER et al., 2010; STAGGEMEIER et al., 2015). Em espécies da tribo *Myrteae* a floração ocorreu sazonalmente, apesar de a frutificação não ter sido sazonal. Com isso, em média, três espécies frutificam a cada mês, sendo fonte de alimento (STAGGEMEIER et al., 2017). É possível que ocorram diferenças fenológicas entre indivíduos da mesma espécie, sendo explicado pelas condições microambientais em que os indivíduos estão inseridos ou pela variabilidade genética (MORELLATO et al., 2016).

O estudo da biologia floral em espécies da família Myrtaceae mostraram que o período reprodutivo do guabijuzeiro iniciou em outubro, com a floração, e estendeu-se até o mês de janeiro com a frutificação. Para o sete capoteiro, a floração iniciou no mês de setembro e a frutificação no mês de outubro, estendendo-se até dezembro. Com relação ao ubajazeiro, a floração iniciou no mês de setembro, com a frutificação ocorrendo até o mês de dezembro. Observou-se que a floração e frutificação do guabijuzeiro e sete capoteiro ocorreram nos períodos de maior temperatura, enquanto para o ubajazeiro ocorreram em temperaturas mais amenas (GUOLLO, 2019).

Estudos fenológicos em araçazeiro vermelho mostraram que o início do período reprodutivo ocorreu em agosto, e a maturação dos frutos ocorreu entre dezembro e fevereiro. O estudo também mostrou que a renovação foliar ocorreu entre julho e setembro. Para o araçazeiro amarelo, os botões florais desenvolveram-se desde julho até setembro, a maturação dos frutos ocorreu de janeiro a setembro e a renovação foliar acompanhou as fenofases reprodutivas (KOSERA NETO, 2018).

Em jaboticabeiras plantadas, o ciclo reprodutivo das espécies (*Plinia cauliflora*, *Plinia trunciflora* e *Plinia jaboticaba*) pode variar entre 35 a 50 dias. A floração dura, em média sete a 10 dias e maturação a dos frutos de 10 a 17 dias. As três espécies de jaboticabeira plantadas em mesmo local proporciona produção de

frutas ao longo de 45 dias, de meados de setembro ao final de outubro (DANNER et al., 2011 a).

### 2.3 O ESTUDO DA DENDROCRONOLOGIA E O CRESCIMENTO DE ÁRVORES

A dendrocronologia é definida como o estudo dos anéis de crescimento em árvore, sendo baseado no tempo e como fatores influenciam na formação dos mesmos (FRITTS, 1976; JIMÉNEZ et al., 2011). Os anéis de crescimento podem ser descritos como uma faixa de aumento do xilema e que apresentam limites definidos anatomicamente, sendo formados normalmente durante um único período de atividade cambial. Os limites (anéis) são formados durante a parte mais quente do ano, enquanto na época mais fria a atividade cambial diminui e pode até ficar dormente. Em angiospermas, a formação dos anéis pode ocorrer devido a descontinuidades no tamanho das traqueídes e dos vasos, mudanças na densidade do parênquima ou pela combinação dessas características (FRITTS, 1976).

Algumas metodologias que podem ser empregadas na determinação da idade de árvores (ROHNER et al., 2013), são a análise de tronco completa e a análise de tronco parcial. Para essas análises podem ser usadas amostragens destrutivas, com retirada de discos ou não destrutivas com amostras de madeira retiradas com o uso do trado de Pressler (FIGUEIREDO FILHO et al., 2017). Também emprega-se a contagem e a medição da camada de crescimento, com o intuito de determinar idade e analisar processos envolvidos no crescimento de espécies (FRITTS, 1976). As camadas de crescimento são diferenciadas devido a formação de padrões sazonais no número, tamanho e formato de células. Quando há geração de um padrão ininterrupto de camadas de crescimento, o número de anéis da medula até a casca indicará a idade da planta (VERHEYDEN et al., 2004; SILVA et al., 2017).

O estudo da dendrocronologia vem atraindo atenção (HUANG et al., 2017), pois a técnica é considerada ferramenta confiável, precisa e rápida para determinar a idade e taxas de crescimento ao longo de toda vida de árvores (GROENENDIJK et al., 2017). Pode-se verificar ao longo do desenvolvimento das espécies, a influência de variáveis ambientais (FONTI et al., 2006) ou efeito da

competição (CANETTI et al., 2016). Um uso comum da dendrocronologia é a reconstrução do comportamento de variáveis climáticas ao longo dos anos e sua influência no crescimento das espécies (PANTHI et al., 2017; SHAH; MEHROTRA 2017; LI et al., 2018). É possível observar a dinâmica do fogo em uma região, por meio de análise dendrocronológica. Em *Pinus nigra* constatou-se que a supressão de crescimento da espécie entre 1893 a 1894, ocorreu devido aos picos de incêndio e que este fato determinou a atual estrutura populacional (CAMARERO et al., 2018).

Outros exemplos mostram que em florestas de juniperus das espécies *Juniperus przewalskii* Kom. e *Juniperus tibetica* Kom., uma seca aliada a frequentes eventos de El Niño provocou a mortalidade de muitas árvores no século XVII, nas planícies do Tibet (FANG et al., 2018). Para *Gymnanthes klotzschiana* em área de mata ciliar de Floresta Ombrófila Mista (FOM), o crescimento diamétrico respondeu a estímulos ambientais (pulsos de inundação) e a extração de madeira na década de 50 (LONGHI-SANTOS et al., 2019). No manejo madeireiro a técnica pode ser utilizada para estabelecer intervalos de tamanho para futuras colheitas. Verificou-se que a determinação de uma taxa de exploração específica por espécie poderia aumentar o volume de colheita inicial em até 73% em Camarões – África (GROENENDIJK et al., 2017).

A dendrocronologia também é empregada na determinação da idade em que as populações foram formadas. A correlação dessa informação com dados de crescimento, é essencial para o manejo e conservação de populações naturais (SILVA et al., 2017). Em castanheira (*Bertholletia excelsa*), a medição dos anéis de crescimento mostrou árvores com idade média de ~ 300 anos, oriundas do primeiro pulso de recrutamento, enquanto árvores com idade média de ~ 120 anos são oriundas de um segundo pulso de recrutamento (ANDRADE et al., 2019). O emprego da dendrocronologia mostrou diferenças na idade entre as espécies com 60 cm de DAP, na Amazônia Boliviana, variando de 60 até 400 anos. Essa variação foi atribuída principalmente aos tempos de passagens entre classes diamétricas (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006).

A aplicação da dendrocronologia em castanheiras (*Bertholletia excelsa*), mostrou que há diferença no crescimento conforme o local de coleta das amostras. As castanheiras coletadas no sítio Purus apresentaram 361 anos, enquanto as coletadas no sítio Trombetas apresentaram 401 anos. O maior

incremento diamétrico foi obtido de castanheiras localizadas no sítio Purus (SCHÖNGART et al., 2015). Observou-se diferenças no crescimento diamétrico de *Mimosa tenuiflora*, coletada em três municípios do Ceará, com histórico de uso diferentes. O maior crescimento diamétrico foi encontrado em monocultura, enquanto que as árvores em floresta natural não plantada apresentaram menor crescimento (MATTOS et al., 2015).

Todavia, a técnica apresenta alguns empecilhos. A formação dos anéis de crescimento pode ser influenciada por fatores endógenos (fisiologia e anatomia da madeira) e exógenos (fatores climáticos e ambientais). Portanto, variará conforme espécie e local de ocorrência (BRIENEN; ZUIDEMA, 2005). Além disso, podem ocorrer falsos anéis ou anéis ausentes, sendo necessário conferir o ano de formação de cada camada de crescimento por meio da datação cruzada (crossdating) (DUCHESNE et al., 2017).

Diferenças no local de coleta, o tipo de manejo e a variabilidade genética, são fontes de mudança no crescimento das espécies (MATTOS et al., 2015). A altitude e a temperatura são fatores decisivos no crescimento das espécies. O aumento da altitude tende a ser um fator restritivo no crescimento das espécies (SOETHE et al., 2008). Isso ocorre devido as mudanças no relevo, na composição do solo e no potencial de oferta de água (CLARK; CLARK, 2000; DE CASTILHO et al., 2006). Além disso, as condições de baixa temperatura afetam o crescimento através da diminuição na divisão celular (NABESHIMA et al., 2010). Por sua vez, o incremento diamétrico é afetado positivamente com o aumento da temperatura (KANIESK et al., 2013), refletindo no aumento do tamanho das células (OLIVEIRA et al., 2009), desde que não tenham outros fatores limitando o crescimento das árvores.

O crescimento diamétrico também pode ser influenciado pela estrutura da comunidade florestal. Normalmente, o crescimento de árvores individuais é afetado positivamente com a diminuição da densidade dos indivíduos (POAGE, 2002; FIGUEIREDO FILHO et al., 2008; ROSADA DE OLIVEIRA et al., 2017). Isso ocorre por causa do aumento do espaço vital (ASSMANN, 1970). Simulações com espécies em ambiente florestal com altas densidades apresentaram declínio na área basal. Isso sugere que a floresta já atingiu a capacidade máxima de estoque (ORELLANA et al., 2016). Em coníferas do gênero *Pinus*, observou-se o mesmo

comportamento, com menores taxas de crescimento diamétrico em alta densidade (SULLIVAN; SULLIVAN, 2016).

## 2.4 REGENERAÇÃO NATURAL DE PLANTAS

O alto impacto nas florestas naturais, causado pela exploração e fragmentação tem influência direta na estrutura da vegetação, modificando a densidade de espécies e aumentando a taxa de mortalidade de plântulas (TABARELLI; GASCON, 2005). Esses aspectos não influenciam apenas sobre a vegetação adulta, mas também na capacidade de uma população em se regenerar (ANTHELME et al., 2011).

A regeneração natural é de extrema importância para a manutenção das espécies, pois, é o meio pelo qual as espécies promovem sua estabilidade e continuidade dentro da floresta (PALUDO et al., 2009). Por meio da sua avaliação é possível verificar os impactos e modificações que ocorreram no ambiente, e determinar o grau de conservação da população ou remanescente (BECKMAN; ROGERS, 2013; LOO et al., 2017). Por exemplo, a falta de indivíduos menores poderia indicar severos distúrbios no passado e impedimento de regeneração e estabelecimento de plântulas (VLAM et al., 2014).

Estudos sobre a regeneração de espécies arbóreas vêm crescendo no Brasil (SOUZA et al., 2008; PALUDO et al., 2009; NAZARENO; REIS 2014; HIGUCHI et al., 2015; SANTOS NETO et al., 2018). Esse conhecimento é importante para o entendimento da dinâmica florestal, além de ser uma das ferramentas utilizadas para a restauração florestal. Essa também pode subsidiar a elaboração de ações que visem à conservação e manejo de populações ou comunidades (LONDRES et al., 2017).

Existem duas linhas que tentam explicar os padrões de estabelecimento de indivíduos em comunidades, a teoria de nicho e a teoria neutra. O nicho é considerado essencial na manutenção da biodiversidade, uma vez que envolve diferentes fatores (inimigos naturais, recursos para sobrevivência, diferença no habitat, competição entre outros) (LEIBOLD; McPEEK, 2006). A teoria do nicho baseia-se na coexistência das espécies, e deve ser pensado no efeito e na resposta

da espécie em cada ponto do espaço multidimensional, proposto por Hutchinson 1957 (GIACOMINI, 2007). A teoria de nicho hutchinsoniano define que existe uma região (“hipervolume n-dimensional”) criada por um conjunto de variáveis ambientais e valores limites, das quais uma espécie é capaz de sobreviver. Cada ponto deste espaço multidimensional corresponde a uma possibilidade em que a espécie pode existir indefinidamente e este hipervolume representa o nicho fundamental de cada espécie (VÁZQUEZ, 2005).

Em contrapartida a esta teoria, a neutralidade propõe que não há influência destes mecanismos na dinâmica populacional. A teoria neutra da biodiversidade e biogeografia foi proposta por Hubbell (2001), e segundo o autor é uma teoria geral que se baseia na restrição da dispersão de indivíduos para explicar padrões observados na natureza. A teoria propõe que não há diferenças com relação a taxa de vida entre indivíduos de uma determinada espécie, e que a colonização e extinção explicam a composição e abundância relativa de espécies em uma comunidade. Ambas as teorias podem exercer papel importante na estruturação de uma comunidade, pois poderão interferir na distribuição espacial das espécies, nas taxas de natalidade e mortalidade, bem como no recrutamento entre classes de tamanho (LEIBOLD; McPEEK, 2006).

O início da regeneração no sub-bosque, para a maioria das espécies, ocorre com a chegada de propágulos por meio de mecanismos de dispersão, e a posterior germinação no solo da floresta (BECKMAN; ROGERS, 2013). Após a chegada dos propágulos e germinação das sementes, forma-se as plântulas, as quais iniciarão a dinâmica de recrutamento entre diferentes classes etárias, a medida que avançam o seu desenvolvimento e crescimento. A sobrevivência e o recrutamento de plântulas são resultantes de uma combinação entre o padrão de dispersão, as condições ambientais, a dispersão secundária e o efeito específico do genótipo (NATHAN; MULLER-LANDAU, 2000).

Desta forma, pode-se considerar que o estabelecimento de plântulas é fator crítico e o sucesso ocorrerá por meio do aumento da área de dispersão do propágulo (AUGSPURGER, 1984). Existem três hipóteses que explicam as vantagens da dispersão de sementes, que consideram os conceitos de fuga, de colonização e de dispersão dirigida. A primeira baseia-se nas teorias desenvolvidas por Janzen (1970) e Connell (1978), no qual define que a probabilidade de

sobrevivência aumenta com a dispersão das sementes, devido aos processos dependentes de densidade. A segunda hipótese propõe que a sobrevivência aumenta com a dispersão, devido à probabilidade de estabelecimento em locais aleatórios. A terceira hipótese pressupõe que a dispersão alcança locais adequados para o estabelecimento, por meio de adaptações (HOWE; SMALLWOOD, 1982).

Após a dispersão de sementes os indivíduos ficam sujeitos a filtros ecológicos relacionados a processos bióticos e abióticos (SANTOS NETO et al., 2018). Os principais filtros bióticos estão ligados aos processos dependentes de densidade (negative density dependence – NDD) (BECKMAN; ROGERS, 2013). Esse processo indica a competição, a herbivoria e os ataques por inimigos naturais como sendo os principais fatores reguladores da população em florestas tropicais (BARRET; ODUM, 2007). Essa regulação foi prevista pelas teorias de Janzen (1970) e Connell (1978), as quais indicaram que a dispersão limitada facilita o ataque de parasitas e a competição intraespecífica, reduzindo-se a densidade de plântulas. Como consequência, haverá maior quantidade de espaços para serem ocupados por outras espécies.

Dentro os fatores abióticos, citam-se e as condições de luminosidade (JAKOVAC et al., 2012) e qualidade do habitat (BECKMAN; ROGERS, 2013). Além disso, a produção e/ou eficiência dos propágulos influenciará na regeneração. Segundo Higuch et al. (2015), algumas espécies produzem grandes quantidades de propágulos, porém, esses são pouco eficientes em gerar novos indivíduos. Outras fontes de influência na regeneração são os fatores antrópicos como o pastejo (NAZARENO; REIS, 2014), exploração extrativista madeireira (MONTAGNA et al., 2018), redução da população de animais dispersores devido a fragmentação (CAUGHLIN et al., 2014) e o extrativismo de frutos (CAMPOS et al., 2017).

## 2.5 A JABOTICABEIRA

A família Myrtaceae possui em torno 5.500 espécies catalogadas em todo o mundo, as quais foram classificadas em 142 gêneros. A família apresenta centros de diversidade em países da América com clima tropical e subtropical, Austrália, Sudeste Asiático, e pouca representatividade no continente Africano

(WILSON, 2001). A família ocorre em todos os estados brasileiros, totalizando 1.034 espécies aceitas, com 797 espécies endêmicas. O número de gêneros aceitos no país são 22, dos quais, quatro são endêmicos (SOBRAL et al., 2015). Existe grande representatividade nos biomas brasileiros, entretanto há maior número de representantes na Mata Atlântica, sendo a sexta família em representatividade (MURRAY-SMITH et al., 2009).

As espécies da família Myrtaceae que ocorrem no Brasil estão classificadas na tribo Myrteae e possuem frutos carnosos (LANDRUM; KAWASAKI, 1997). Dentre os gêneros da família Myrtaceae, o *Plinia* distribui-se por todo o país totalizando 33 espécies (SOBRAL et al., 2015). As jaboticabeiras pertencem ao gênero *Plinia* e ocorrem no Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil. Há registro de ocorrência da jaboticabeira na Floresta Ombrófila Mista em 14 fragmentos florestais. Apresentam densidade média de 20 árvores ha<sup>-1</sup>, altura e diâmetro a altura do peito médio de 15 m e 0,41 m, respectivamente (DANNER et al., 2010). São catalogadas nove espécies conhecidas, destas uma já é considerada extinta, enquanto que cinco são encontradas em institutos de pesquisa, e de ocorrência natural existem ou cultivada: *Plinia peruviana* (O. Berg) Kausel; *Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel e *Plinia jaboticaba* (Vell.) Kausel (MATTOS, 1983). O nome jaboticabeira teve origem da língua tupi, sendo descrita como “iapoti”kaba”, o qual seu significado é fruta em botão (MENDONÇA, 2000).

É uma espécie diploide, com número de cromossomos de  $2n = 22$  (DA COSTA; FORNI-MARTIS, 2006). O sistema de reprodução da espécie ainda não foi definido, porém acredita-se que possa ser do tipo misto e as plântulas de jaboticabeira podem ser geradas por autofecundação, cruzamento ou apomixia (SALLA, 2019). As características morfológicas da espécie são: tronco reto e com casca descamante; folhas opostas, glabras, lanceoladas e de coloração avermelhada quando novas; flores brancas, com quatro pétalas, dispostas em racemos multifloros de pedúnculo com comprimento variável; frutos do tipo bagas globosas, pretos, polpa esbranquiçada mucilaginosas, com diâmetro entre 1,6 a 2,9 cm e contendo de uma a quatro sementes (LORENZI et al., 2006).

A floração da espécie pode ocorrer duas vezes ao ano (MATTOS, 1983; MARCHIORI; SOBRAL, 1997) e os principais grupos polinizadores das flores são abelhas da família Meliponinae e Halictidae (GRESSLER et al., 2006),



principalmente *Apis mellifera*, espécie exótica (MALERBO-SOUZA et al., 2004). Os frutos oriundos de áreas nativas sombreadas apresentam maior diâmetro e peso, porém menores valores de °Brix e sólidos solúveis totais (CITADIN et al., 2005). As sementes não germinam com teor de umidade abaixo de 10%, e em ambiente natural a viabilidade é de cinco dias (DANNER et al., 2011 b). Os principais agentes dispersores de sementes de jaboticabeira são aves e macacos (GRESSLER et al., 2006).

A principal forma de propagação da espécie é por sementes, a qual apresenta em média 98% das plântulas germinadas após 90 dias de semeadura. Entretanto ainda há dificuldade na obtenção de sementes de qualidade, o que gera um deficit na produção de mudas em larga escala (ROSSA et al., 2010). Dentre os métodos de propagação vegetativa, a enxertia e a alporquia são as técnicas mais promissoras, e apresentaram até 72,9% e 87,5% de formação de mudas, respectivamente (SASSO et al., 2010 a). A jaboticabeira ainda não se propaga bem por estaquia, sendo que os maiores valores de enraizamento (50%) foram obtidos com a aplicação de 6.000 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB) (SASSO et al., 2010 b).

A jaboticabeira foi descrita por jesuítas portuguesas no século XVI, como espécie de interesse alimentício (TOMCHINSKY; MING, 2019). Atualmente foi catalogada pelo Ministério do Meio Ambiente, como espécie de potencial valor econômico, por meio do projeto “Plantas para o futuro”. É considerada a espécie frutífera nativa mais cultivada domesticamente no Sul/Sudeste do Brasil (CORADIN; SIMINSKI, 2011). A comercialização dos frutos é realizada principalmente pela CEAGESPE (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) e CEASAS (Curitiba e Belo Horizonte), e no ano de 2008 foram comercializadas em torno de 2.000 toneladas de jaboticabas. Em algumas regiões do Brasil, a comercialização ocorre de frutos oriundos de sistema extrativista, os quais são vendidos de forma *in natura* nas margens das rodovias. Há também testes de cultivo da espécie nos Estados Unidos da América, no estado da Flórida, bem como em países da América Central e América do Sul (CITADIN et al., 2010).

O consumo dos frutos de jaboticabeira (jaboticabas) *in natura* e/ou por meio de produtos (ex. geleias, bebidas fermentadas, licores e vinagre) é apreciado pela população em geral. Os frutos possuem grande potencial como alimento funcional, devido ao alto teor de antocianinas e flavonoides presente na casca do

fruto. O teor de antocianinas e flavonoides encontrados na casca da jaboticaba pode ser 3,3 a 9,3 vezes maior do que os teores encontrados na polpa (DANNER et al., 2011 c). O bagaço dos frutos é composto, além de antocianinas e flavonoides, por ácidos graxos, taninos hidrolizados e tocoferol (MORALES et al., 2016).

Algumas antocianinas presentes em frutos de jaboticabeiras são cianidina 3-glicosídeo e delphinidina, entre os flavonoides encontram-se miricetina, quercetina, quercitrina e rutina, além do ácido elágico (REYNERTSON et al., 2008). Estudos mostraram a eficiência das antocianinas e flavonoides encontrados em jaboticabas, no combate a radicais livres (LEITE-LEGATTI et al., 2012), na redução do colesterol (MOURA et al., 2018), diabetes (LENQUISTE et al., 2012) e nefropatia diabética (HSU et al., 2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DE USO DAS ÁREAS ESTUDADAS

Este trabalho foi realizado em quatro áreas no Sudoeste do Paraná, com ocorrência de alta densidade de jaboticabeiras [*Plinia cf. peruviana* (Poir.) Govaerts] (Figura 1), conforme informações disponíveis em Danner et al. (2010). Os estudos de fenologia, contagem de frutos remanescentes e dinâmica da regeneração foram conduzidos em Clevelândia, Pato Branco e Vitorino. O estudo de taxa de crescimento e idade dos jaboticabais foi conduzido nos quatro locais.

**Figura 1** – Representação dos jaboticabais estudados em Chopinzinho (A), Clevelândia (B), Pato Branco (D) e Vitorino (C). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

Com o intuito de caracterizar o uso e percepção dos proprietários das áreas de estudo, em um projeto paralelo, foi elaborado e aplicado um questionário semiestruturado contendo 42 questões. As questões buscavam levantar informações

sobre o histórico e características das propriedades, e sobre a colheita extrativista da jaboticaba. Antes de iniciar a entrevista o entrevistador fazia a explicação dos objetivos do projeto e a leitura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido TCLE, o qual era assinado em conjunto pelo entrevistador e pelo entrevistado. Este questionário foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR, em julho de 2014 (número de autorização – 722.873, CAAE – 32385114.7.0000.5547). Após a aplicação dos questionários, as entrevistas foram transcritas em documentos eletrônicos, e analisou-se as principais informações sobre o histórico de manejo das áreas e da colheita de frutos, as quais foram utilizadas na caracterização das áreas neste trabalho.

Em todas as propriedades, a floresta passou por processo de fragmentação, com o intuito de transformá-la em área cultivada. Propositamente, os remanescentes compostos pelas jaboticabeiras foram mantidos, sendo considerados, atualmente, as áreas de reserva legal. A formação fitogeográfica predominante é a Floresta Ombrófila Mista e encontram-se na parte mais alta da topossequência do relevo (DANNER et al., 2010). Em todas as populações, sempre ocorreu a colheita extrativista de jaboticabas, estendendo-se até os dias de hoje. Além disso, todos os proprietários afirmaram que a produção de frutos diminuiu na última década, inclusive afirmando que haviam até duas frutificações por ano.

A seguir a caracterização das áreas e do histórico de manejo:

Área 1. Chopinzinho: localiza-se nas coordenadas 25°52'35,6" S e 52°36'28,4" O, a 859 m de altitude, possuindo 23,5 ha de área total e apresentando 59,6 jaboticabeiras adultas ha<sup>-1</sup>. De acordo com a classificação climática de Köppen o município apresenta clima do tipo Cfa (Subtropical Úmido). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e no mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca, com verões quentes e geadas pouco frequentes (ALVARES et al., 2013). O histórico da área mostra que as jaboticabeiras encontram-se em condições distintas. Uma parte das árvores distribui-se pela propriedade, em locais com a presença de pastagem (grama estrela) e gado (9 animais ha<sup>-1</sup>). O outro jaboticabal, encontra-se na área de Reserva Legal, onde o acesso do gado é restrito. A propriedade é circundada por lavouras, sem conexão direta com outros fragmentos. A colheita de frutos ocorre desde a década de 1990 e o sistema consiste no

agendamento da visita com o administrador da propriedade. A partir disso é permitida a colheita dos frutos, pesagem e pagamento no local.

Área 2. Clevelândia: localiza-se nas coordenadas 26°26'17" S; 52°19'20" O, a 963 m de altitude, possuindo 12,3 ha de área total e apresentando 75,6 jaboticabeiras adultas ha<sup>-1</sup>. De acordo com a classificação climática de Köppen, o município possui clima do tipo Cfb (Subtropical Úmido). A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca, verão brando e geadas severas frequentes (ALVARES et al., 2013). A área tem histórico de extração madeireira na década de 1970 e posterior ocupação do solo com agricultura. O jaboticabal é circundado por lavouras e não há conexão direta com outros fragmentos. O sistema de colheita "pague e colha" foi utilizado desde a década de 1980 até 2012 e consistia na visita a propriedade por pessoas interessadas em consumir a jaboticabeira, essas mesmas pessoas realizavam a colheita dos frutos, e a pesagem e o pagamento era feito pelo proprietário. Esse sistema foi extinto por se mostrar muito agressivo as plantas da regeneração. Atualmente, o proprietário possui um acordo com moradores do município, que fazem a coleta e venda às margens da rodovia. Observou-se que, durante os anos de estudo, o grupo responsável pela colheita era sempre o mesmo. Neste acordo, os coletores devem conduzir a colheita com o menor impacto possível, excluindo-se, por exemplo, a atividade de roçada da vegetação regenerante.

Área 3. Pato Branco: localiza-se a 26°06'34,4" S e 52°38'28,9" O, a 713 m de altitude, possuindo 2,8 ha de área total e apresentando 46,6 jaboticabeiras adultas ha<sup>-1</sup>. De acordo com a classificação climática de Köppen o município apresenta clima do tipo Cfa (Subtropical Úmido). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e no mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca, com verões quentes e geadas pouco frequentes (ALVARES et al., 2013). O jaboticabal é circundada por lavouras, sem conexão direta com outros fragmentos florestais. Entretanto, apresenta proximidade (< 2 km) com outro fragmento de floresta, que também possui jaboticabeiras. De acordo com o histórico da área, as jaboticabeiras encontram-se em locais com a presença de pastagem (grama estrela) e gado (2 animais ha<sup>-1</sup>). Além disso, na época de colheita há roçada da regeneração florestal, com o intuito de facilitar a colheita dos frutos. A colheita de frutos ocorre

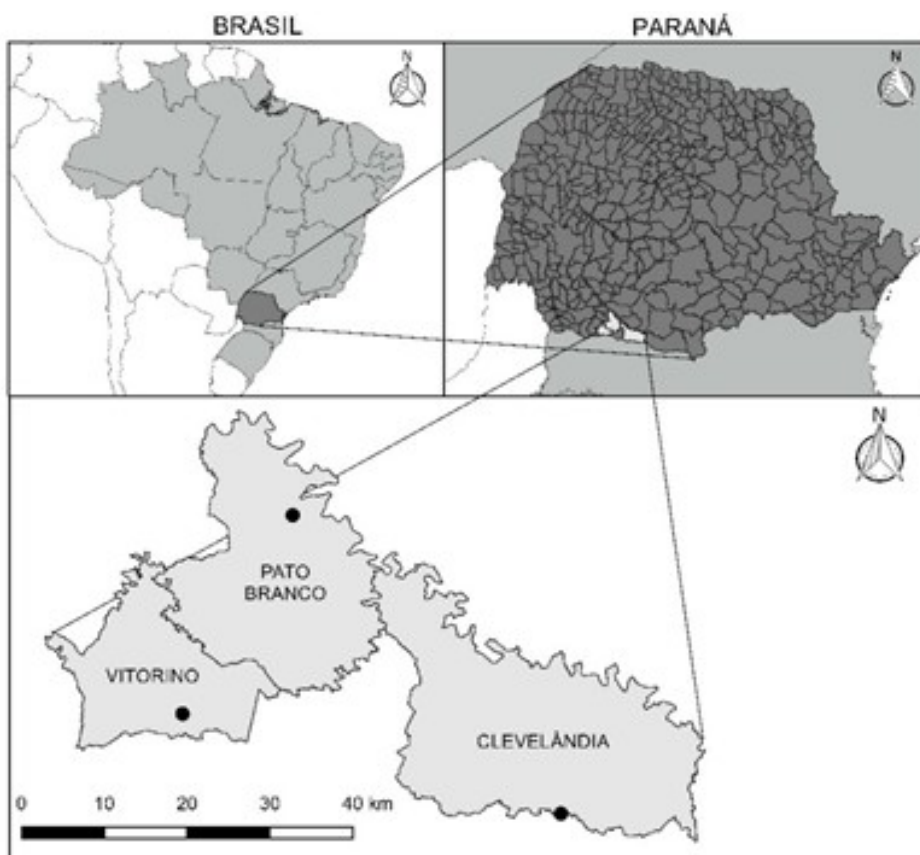
desde a década de 1960 e é feita pela própria família, que vende os frutos às margens da rodovia.

Área 4. Vitorino: localiza-se a 26°19'0,9" S e 52°46'42" W, a 818 m de altitude, possuindo 4 ha de área total e apresentando 45,8 jaboticabeiras adultas por ha. De acordo com a classificação climática de Köppen, o município apresenta clima do tipo Cfa (Subtropical Úmido). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e no mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca, com verões quentes e geadas pouco frequentes (ALVARES et al., 2013). O jaboticabal é circundado por lavouras, sem conexão direta com outros fragmentos e encontra-se a aproximadamente 1,8 km de outro jaboticabal. De acordo com o histórico da área, a comercialização da jaboticaba ocorre desde a década de 1970, feita primeiramente pelos proprietários. Atualmente, a comercialização dos frutos é feita por moradores do município, em acordo com o proprietário da área. É possível comprar os frutos nas margens da rodovia ou diretamente com os coletores. Percebeu-se durante os anos de estudo, que o grupo responsável pela colheita se modifica cada ano e não havia uma restrição quanto aos impactos do extrativismo. Além disso, todos os grupos de coletores que atuaram em Vitorino, utilizavam a roçada da vegetação regenerante, a fim de facilitar a colheita dos frutos.

### 3.2 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA

O estudo foi conduzido em três dos quatro jaboticabais estudados, consistindo em Reserva Legal de propriedades agrícolas privadas, durante janeiro de 2017 a dezembro de 2019. Os fragmentos localizam-se nos municípios de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT) (Figura 2).

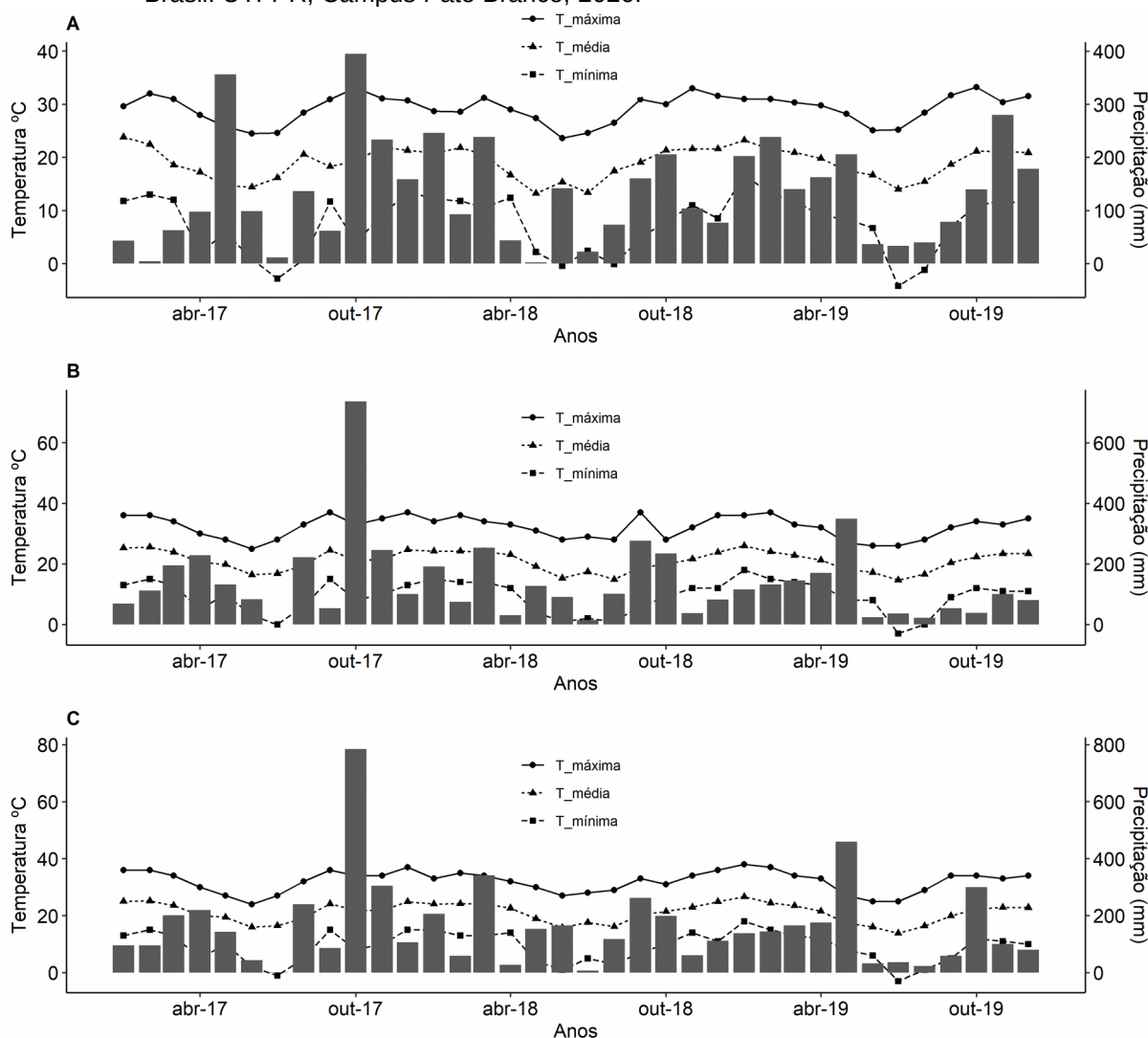
**Figura 2** – Localização dos remanescentes estudados em três municípios do sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

Considerando o período total de estudo (janeiro de 2017 a dezembro de 2019), o município de Clevelândia apresentou temperatura média anual de 19 °C, o mês mais frio foi julho com temperatura média de 14 °C, e temperaturas mínimas abaixo de 0 °C. O acumulado de precipitação foi de aproximadamente 1.391 mm por ano, com os maiores valores de precipitação entre os meses de outubro a maio (Figura 3).

**Figura 3** – Temperaturas máximas ( $T_{\text{máxima}}$ ), médias ( $T_{\text{média}}$ ) e mínimas ( $T_{\text{mínima}}$ ), e precipitação acumulada no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2019 nos jaboticabais de A. Clevelândia (CL), B. Pato Branco (PB) e C. Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

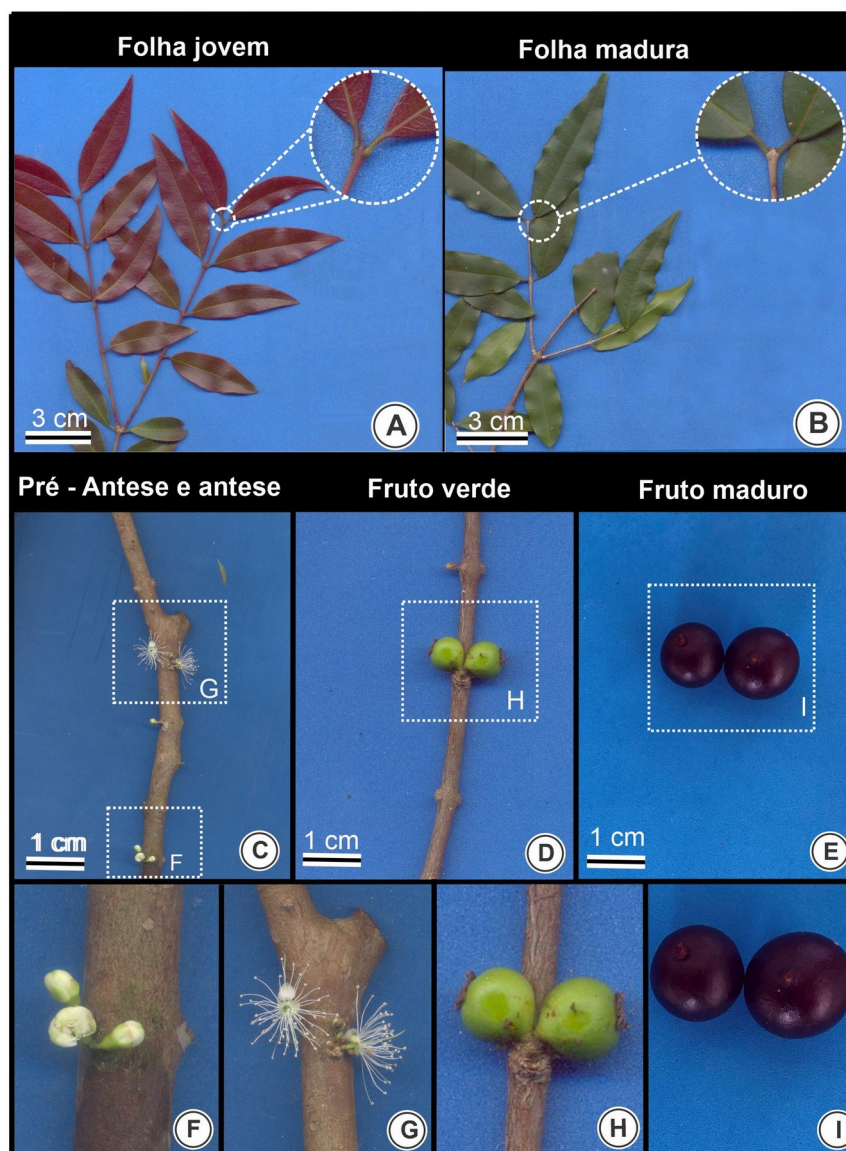
Em Pato Branco, a temperatura média anual foi de 21 °C, os meses mais frios foram junho/julho, com temperatura média de 16 °C, com registro de temperaturas negativas ocorrendo apenas em julho de 2019 (-3 °C). O acumulado de precipitação foi próximo a 1.408 mm nos três anos, tendo os meses de maiores valores de precipitação entre outubro e maio. Em Vitorino, a temperatura média anual foi de 21 °C, com os meses mais frios sendo junho/julho, com temperatura média de 16 °C, não havendo registro de temperaturas negativas. O acumulado de precipitação foi próximo dos 1.567 mm, e os meses com os maiores valores de precipitação estão entre outubro e maio (Figura 3).



Em cada fragmento florestal estudado foram demarcadas 15 jaboticabeiras [(*Plinia* cf. *peruviana*) (Poir.) Govaerts], com distância mínima de 10 m entre árvores. Entre janeiro de 2017 a dezembro de 2019 as observações fenológicas ocorreram a cada 3-4 dias durante o período reprodutivo. Durante o período vegetativo, as avaliações ocorreram mensalmente. As fenofases vegetativas monitoradas foram a renovação foliar, denominada como brotação, e folhas maduras. Com relação as fenofases reprodutivas, monitorou-se quatro estádios: botão floral, antese, fruto imaturo e fruto maduro (MAUÉS; COUTURIER, 2002) (Figura 4). As avaliações foram feitas com auxílio de binóculo e para representação posterior foi realizado registro fotográfico durante as avaliações.

As observações fenológicas foram registradas utilizando o Índice de Intensidade, atribuindo uma escala de 0 a 4, as quais referem-se à porcentagem da copa da planta com a presença da fenofase (0 = ausência; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; 4 = 76-100%) (FOURNIER, 1974; FOURNIER; CHARPANTIER, 1975). Além disso, foi avaliado o índice de atividade, ou seja, a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico, registrado pela presença ou ausência da fenofase no indivíduo, a qual fornece informação acerca da sincronia. O pico de determinado evento fenológico foi considerado quando mais de 50% dos indivíduos apresentarem a fenofase (BENCKE; MORELLATO, 2002 a). As fenofases reprodutivas foram classificadas de acordo com sua frequência, sendo: 1. Contínua – floração e frutificação contínuas ao longo do ano com pausas curtas esporádicas, ou sem pausas; 2. Sub-anual – com floração ou frutificação ocorrendo em mais de um ciclo por ano; 3. anual – apresenta apenas um ciclo de floração e de frutificação por ano; e 4. Supra-anual – com ciclos de floração ou frutificação menos frequentes do que uma vez por ano (NEWSTROM, FRANKIE e BAKER, 1994).

**Figura 4** – Representação das fenofases vegetativas e reprodutivas estudadas para a espécie *Plinia* cf. *peruviana* (A-E). F. Abertura do botão floral. G. Flores Abertas. H. Frutos verdes. I. Fruto maduro. Círculos brancos representam a diferença na cor e no meristema apical entre folhas jovens e maduras. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Folha jovem representa a fenofase renovação foliar (brotação). Fruto verde representa a fenofase frutos imaturos.

Fonte: O Autor, (2020).

Para ilustrar a duração de cada fenofase estudada, utilizou-se do diagrama de Gantt. O somatório dos três ciclos (2017, 2018 e 2019) para cada índice monitorado foi analisado e representado por meio de estatística circular. Para isso, os meses foram convertidos em ângulos com 30° de intervalo, e o parâmetro calculado foi o tamanho do vetor ( $r$ ). Esse valor representa o valor médio da concentração da fenofase em torno do ângulo médio, sendo que quanto mais

próximo de 1, maior agregação dos valores, ou seja, alta sazonalidade (MÜLLER et al., 2019). Utilizou-se o teste Rayleigh, para verificar a significância da média do ângulo do vetor ( $p < 0,05$ ). A partir destes dois parâmetros foi possível verificar se houve sazonalidade nas fenofases. Para verificar se houve diferença no comportamento das fenofases entre os locais de estudo, aplicou-se o teste F de Watson-Williams (ZARR, 1999). As análises foram realizadas no software Oriana v.4.0 (KOVACH, 2019).

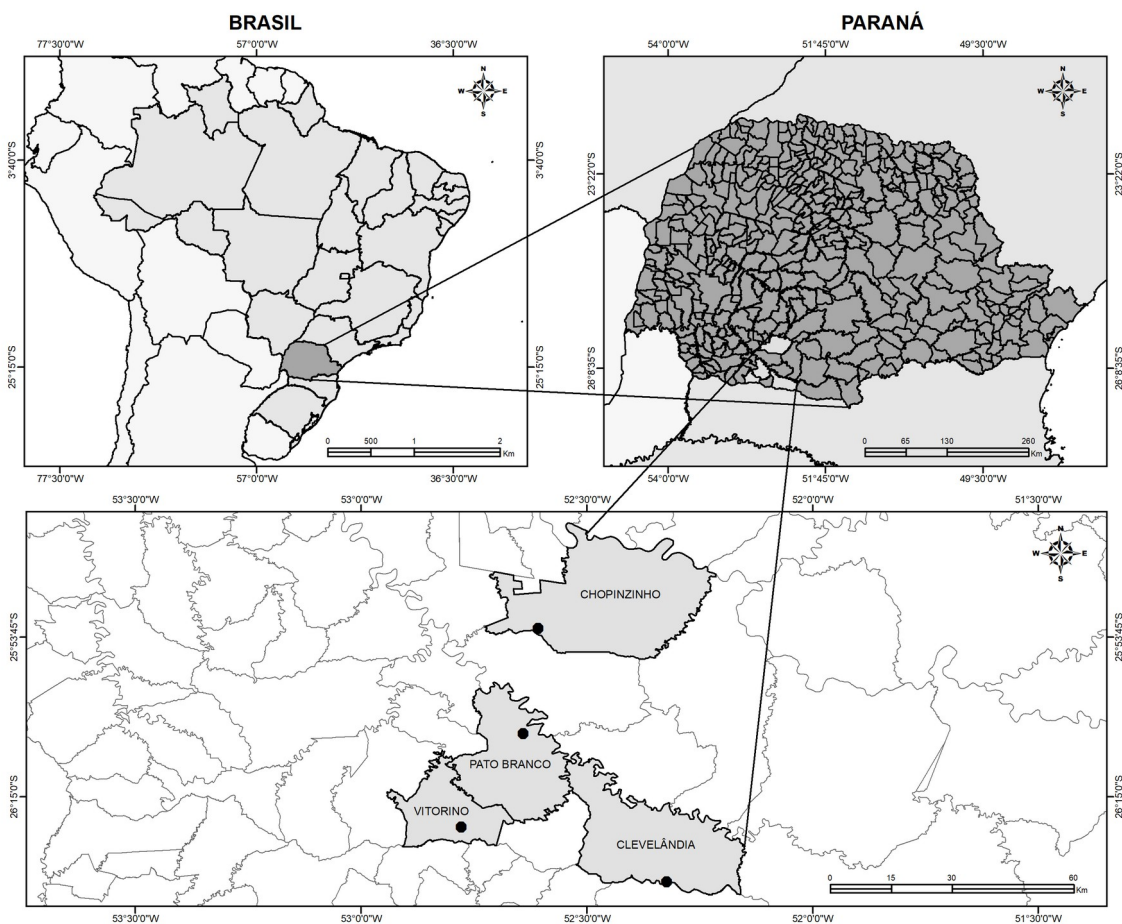
A influência do fotoperíodo, precipitação, temperaturas média, máxima e mínima (todas utilizando os dados semanais anteriores as datas de aparecimento das fenofases) sobre o índice de atividade para as fenofases folhas jovens e botão floral foi analisada utilizando o Modelo Aditivo Generalizado para Posição, Escala e Forma (GAMLSS). Utilizou-se a distribuição de erro de Poisson, seguido pela seleção stepwise, com o objetivo de gerar modelos preditivos das fenofases vegetativas e reprodutivas. Todas as variáveis foram padronizadas (média 0, variância 1), com o objetivo de gerar estimativas de parâmetros comparáveis (beta). Após isso, selecionou-se o melhor conjunto de preditores, com o intuito de diminuir a multicolinearidade dos modelos. As análises foram realizadas com uso do pacote GAMLSS (RIGBY; STASINOPOULOS, 2007) na plataforma R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Os dados de temperaturas e a pluviosidade foram obtidos do site Agritempo e, o fotoperíodo foi calculado por meio dos dados disponibilizados pelo Observatório Nacional (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA e INOVAÇÕES, 2020).

### 3.3 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA

O experimento foi conduzido em quatro remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, na região Sudoeste do Paraná, Brazil (Figura 5), localizadas nos municípios de Chopinzinho – CH (25°52'35,6" S, 52°36'28,4" W, 859 m), Clevelândia – CL (26°26'17" S, 52°19'20" W, 963 m), Pato Branco – PB (26°06'34,4" S, 52°38'28,9" W, 713 m) e Vitorino – VT (26°19'0,9" S, 52°46'42" W, 818 m). A maior distância entre os locais é de 108 km entre CH e CL e a menor distância é de 36 km entre PB e VT. As jaboticabeiras cresceram nestes locais em solos vermelhos

distroféricos, fortemente ácidos (pH ~4,0), com alta saturação de alumínio e baixo teor de fósforo. A densidade de jaboticabeiras adultas (*Plinia* cf. *peruviana*) nos fragmentos florestais é de 59,6 (CH), 75,6 (CL), 40,6 (PB) e 45,8 (VT) jaboticabeiras ha<sup>-1</sup> (DANNER et al. 2010).

**Figura 5** – Localização dos remanescentes estudados em quatro municípios do Sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

Para a determinação da idade e da taxa de crescimento, em cada população foram selecionadas aleatoriamente 10 jaboticabeiras adultas, com diâmetro a 1,3 m de altura (DAP)  $\geq 20$  cm. Realizou-se a coleta de amostras por meio do método não destrutivo (baguetas), com o uso do trado de incremento, de duas seções do tronco das jaboticabeiras, a 1,30 m do solo (Figura 6). A circunferência a altura do peito (CAP) de cada árvore foi medida com fita métrica, e depois transformado em DAP.

**Figura 6** – Representação da coleta de amostras de jaboticabeira pelo método não destrutivo (baguetas). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

As baguetas foram secas à temperatura ambiente e polidas com lixas de granulação 40, 80, 120 e 220, para tornar os anéis de crescimento mais evidentes. Os anéis de crescimento foram delimitados, contados e medidos utilizando-se microscópio estereoscópico e mesa de mensuração Lintab, com precisão de 0,01 mm, junto ao uso do software TSAP-Win (RINN, 1996). Duas amostras oriundas de VT foram excluídas da análise, por não apresentarem qualidade para marcação e medição dos anéis (Tabela 1).

**Tabela 1** – Diâmetro a altura do peito em cm (DAP) e altura em metros das jaboticabeiras em que foram coletadas as amostras não destrutivas, em cada local de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

| Local | Amostra | Dap (cm) | Altura (m) |
|-------|---------|----------|------------|
| CH    | 1       | 29       | 13         |
| CH    | 2       | 54       | 17         |
| CH    | 3       | 34       | 15         |

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| CH | 4  | 41 | 20 |
| CH | 5  | 47 | 15 |
| CH | 6  | 38 | 14 |
| CH | 7  | 57 | 13 |
| CH | 8  | 43 | 17 |
| CH | 9  | 34 | 12 |
| CH | 10 | 44 | 15 |
| CL | 1  | 34 | 14 |
| CL | 2  | 22 | 11 |
| CL | 3  | 23 | 10 |
| CL | 4  | 41 | 14 |
| CL | 5  | 30 | 12 |
| CL | 6  | 22 | 11 |
| CL | 7  | 31 | 12 |
| CL | 8  | 20 | 11 |
| CL | 9  | 27 | 13 |
| CL | 10 | 25 | 13 |
| PB | 1  | 34 | 10 |
| PB | 2  | 53 | 11 |
| PB | 3  | 50 | 12 |
| PB | 4  | 60 | 11 |
| PB | 5  | 44 | 14 |
| PB | 6  | 38 | 13 |
| PB | 7  | 57 | 13 |
| PB | 8  | 42 | 10 |
| PB | 9  | 41 | 12 |
| PB | 10 | 23 | 11 |
| VT | 1  | 51 | 15 |
| VT | 2  | 22 | 13 |
| VT | 3  | 39 | 15 |
| VT | 4  | 26 | 13 |
| VT | 5  | 13 | 6  |
| VT | 6  | 25 | 9  |
| VT | 7  | 15 | 9  |
| VT | 8  | 39 | 15 |

Fonte: O Autor, (2020).

As séries de crescimento foram datadas entre os raios da mesma árvore e entre árvores em planilha eletrônica e com o software Cofecha (HOLMES, 1983). As séries de incremento radial foram convertidas para incremento anual em diâmetro. Os diâmetros foram recuperados ano a ano, através de análise retrospectiva. Com estes valores, foi possível calcular o incremento médio em DAP e o tempo de passagem entre classes de diâmetro. Para análise dos dados, aplicou-se análise de variância seguido pelo teste de Scott-Knott para agrupamento de médias, através do software R v.3.1.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

Foram testados sete modelos matemáticos de crescimento diamétrico das jaboticabeiras (Tabela 2), por meio de regressão não linear, utilizando o processo PROC NL MIXED no software SAS®. Utilizou-se o método bootstrap de reamostragem para o desenvolvimento de 100 novas trajetórias de crescimentos, de

forma a gerar os intervalos de confiança das estimativas, como utilizado previamente em outros estudos dendrocronológicos (BRIENEN et al., 2006; CANETTI et al., 2016). A equação com melhor ajuste aos dados reais, para cada local de estudo, foi selecionada pelos parâmetros estatísticos erro padrão da estimativa (Syx%), índice de Akaike corrigido (AICC), índice Bayesiano (BIC), raiz quadrada do erro médio (RSME) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Além disso, levou-se em consideração os intervalos de confiança gerados para os coeficientes. O mesmo procedimento foi utilizado para construção da curva de crescimento com o conjunto de dados de todas as jaboticabeiras, independentemente do local de coleta.

**Tabela 2** – Modelos testados para ajuste de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em quatro jaboticabais no sudoeste do Paraná. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

| Denominação da equação | Modelo   |
|------------------------|--|
| Chapman-Richards       | $DAP = \beta_0 (1 - e^{-\beta_1 t})^{\beta_2}$       |
| Gompertz               | $DAP = \beta_0 e^{-\beta_1 - e^{\beta_2 t}}$         |
| Johnson-Schumacher     | $DAP = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{t + \beta_2}}$     |
| Logística              | $DAP = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 e^{-\beta_2 t})}$ |
| Lundqvist-Korf         | $DAP = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{t \beta_2}}$       |
| Monomolecular          | $DAP = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})$         |
| Schumacher             | $DAP = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{t}}$               |

DAP= diâmetro a (1,30 m) acima do solo. t = tempo até o alcance do DAP considerado.  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  = parâmetros das equações. e = número de Euler.

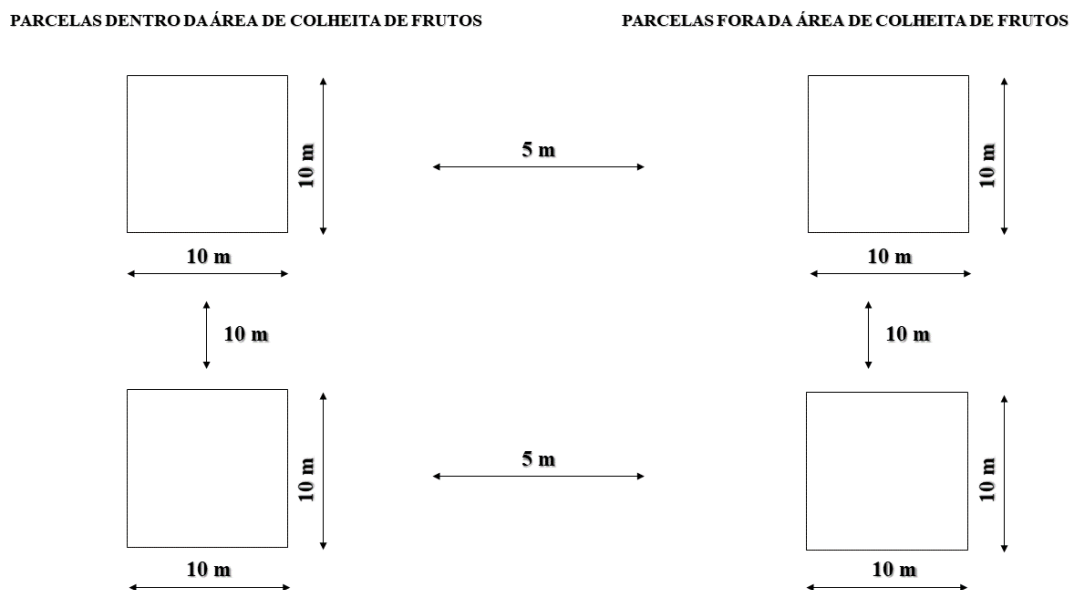
Fonte: O Autor, (2020).

### 3.4 ANÁLISE DEMOGRÁFICA DA REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA

A análise demográfica da regeneração em jaboticabeira foi realizada em remanescentes florestais nos municípios de Clevelândia, Pato Branco e Vitorino (Figura 2). O levantamento ocorreu durante três ciclos reprodutivos, entre os anos de 2018 a 2020 duas vezes por ano, antes (abril e maio) e após colheita extrativista (novembro e dezembro). Em cada local de estudo, foram instaladas 12 parcelas permanentes com dimensões de 10 x 10 m. Destas parcelas, seis foram instaladas em locais com ocorrência de colheita de frutos, a uma distância de 10 m entre

parcelas; e seis com distância de cinco metros das matrizes de jaboticabeira (Figura 7).

**Figura 7** – Croqui representando a disposição das parcelas a campo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

Dentro das parcelas, todas as jaboticabeiras foram demarcadas e localizadas de acordo com as coordenadas cartesianas  $x$  e  $y$  (m), obtidas com auxílio de fita métrica. Cada árvore teve sua altura e seu diâmetro, mensurados com auxílio de fita métrica ou hipsômetro do tipo Blume-Leiss e paquímetro ou fita métrica, respectivamente.

Por meio das avaliações de análise demográfica, determinou-se a distribuição diamétrica dos indivíduos por local, a densidade de indivíduos e a porcentagem de mortalidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $2 \times 2$  (tipo de parcela  $\times$  época de avaliação), com seis repetições. Os dados que atenderam os pressupostos de normalidade e homogeneidade da variância, foram analisados pela ANOVA e aplicado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Calculou-se também a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) a partir do modelo de projeção integral – IPM – Integral Projection Model (EASTERLING et al., 2000). Para a geração do modelo foram necessárias as



funções de crescimento, sobrevivência e fecundidade, que combinadas formam a função Kernel (k). A dinâmica da população é descrita pela seguinte equação:

$$n(y, t+1) = \int_L^U K(y, x) n(x, t) dx$$

Temos L e U como o tamanho mínimo e máximo possível dos indivíduos encontrados na amostragem, respectivamente, onde  $n(x, t)$  dx é o número de indivíduos no estado x e tempo t, enquanto y representa o tempo t+1. A função k gerou a probabilidade do indivíduo de tamanho x no tempo t até atingir o tamanho y no tempo t+1. A partir dessa função foi possível determinar o número de novos indivíduos de tamanho y que se encontram no tempo t+1, os quais foram produzidos pelos indivíduos de tamanho x no tempo t. Calculou-se também o intervalo de confiança (95%) para o  $\lambda$  obtido de cada uma das populações através de um bootstrapping com 1000 permutações.

Para a determinação do crescimento e sobrevivência dos indivíduos em uma progressão de tempo, utilizou-se a função de kernel (k) composta por uma função p e uma função f (fecundidade), para isso:

$$k(y, x) = p(x, y) + f(x, y)$$

A função p (x, y) foi composta pela combinação entre a função de sobrevivência (s) e crescimento (g):

$$p(x, y) = s(x) g(x, y)$$

Foram ajustadas relações lineares ou quadráticas para as funções de crescimento e sobrevivência, as quais foram selecionadas de acordo com os maiores valores de Akaike (METCALF et al., 2013). A função f (fecundidade) foi calculada considerando-se o número de plântulas recrutadas dividido pelo número de adultos. Para representar o tamanho, calculou-se as funções do modelo de projeção integral por meio do logaritmo natural da altura (m) dos indivíduos ( $\log(x+1)$ ).

Foram avaliados a quantidade de frutos remanescentes após a colheita. Com uma grade de madeira de um metro quadrado realizou-se a contagem dos frutos em quatro quadrantes e mediu-se a área da copa de cada árvore. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 3 (anos x locais), com quatro repetições de cada planta. Os dados que atenderam os pressupostos de normalidade e homogeneidade da variância, foram

analisados pela ANOVA e aplicado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

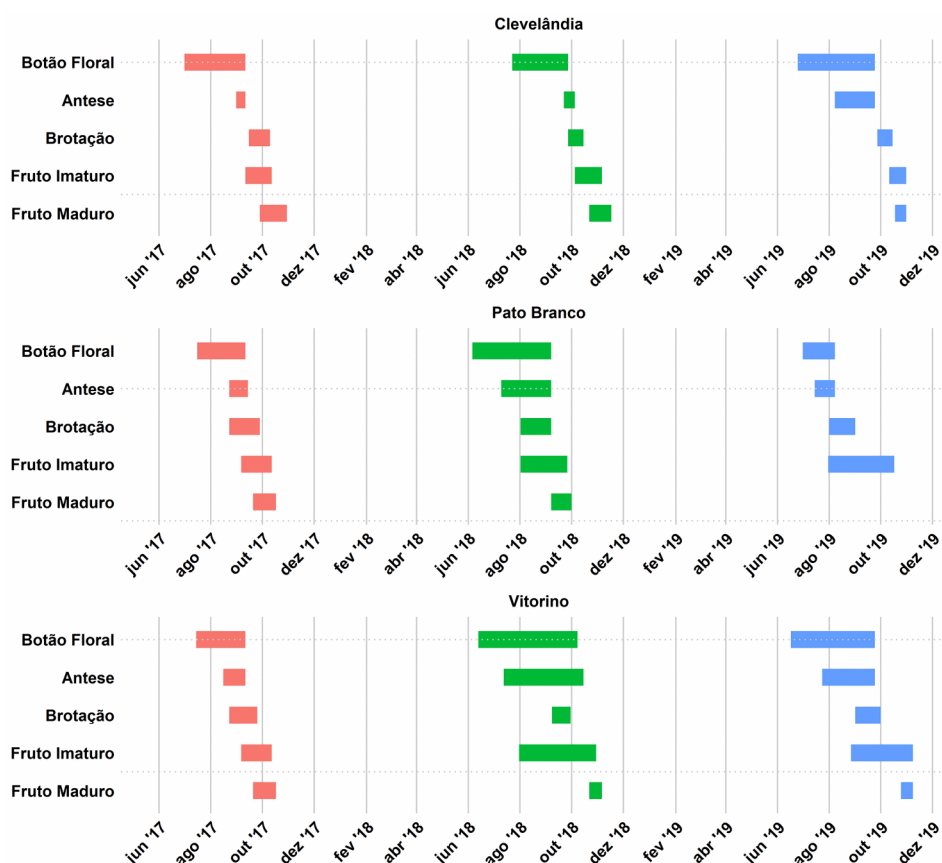
As análises foram feitas através do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Para as análises demográficas utilizou-se o pacote IPMpack (METCALF et al., 2013) e para a análise de variância e posterior teste de Scott-Knott, utilizou-se o pacote ExpDes.pt (FERREIRA, CAVALCANTI e NOGUEIRA, 2014).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA

A duração média da brotação, entre os anos de estudos (2017 a 2019), foi muito próxima entre os locais, sendo de 27 dias em Clevelândia, 29 dias em Pato Branco e 28 dias em Vitorino. Observou-se diferença nos meses de ocorrência, com a brotação em Clevelândia ocorrendo de maneira mais tardia, entre setembro e outubro, enquanto que em Pato Branco e Vitorino foi entre agosto e setembro (Figura 8).

**Figura 8** – Diagrama de Gantt para renovação foliar (brotação), floração e frutificação de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) durante 2017 a 2019 em Clevelândia, Pato Branco e Vitorino, PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Barras vermelhas indicam o ano de 2017. Barras verdes indicam o ano de 2018. Barras azuis indicam o ano de 2019.

Fonte: O Autor, (2020).

A duração média do ciclo de formação dos frutos, iniciando em botão floral até os frutos maduros foi de 120 dias em Clevelândia, 94 dias em Pato Branco e 100 dias em Vitorino. O ciclo mais longo em Clevelândia se deve principalmente pelo maior tempo de diferenciação entre botão floral e antese. Observou-se também, que no ano de 2019, não houve formação de frutos maduros em Pato Branco (Figura 8), devido a uma espécie de microcoleópteros denominada popularmente como caruncho, que atingiu os frutos, entretanto não foi possível a identificação em nível de espécie.

As fenofases renovação foliar, botão floral, antese, fruto imaturo e fruto maduro apresentaram sazonalidade bem definida nas três áreas avaliadas, sendo classificadas como anuais. Isto foi verificado na análise da estatística circular, devido a significância do teste de Rayleigh, além dos altos valores do comprimento do vetor ( $r$ ), que variou de 0,7 a 0,9. A exceção foram as folhas maduras, que ocorreram em todos os meses do ano e apresentaram valor de  $r \sim 0,05$  (Tabela 3). Neste caso, observou-se a presença contínua de folhas maduras durante todos os meses do ano, com variações no índice de intensidade e atividade. Outro ponto em comum foi o alto índice de atividade, em todos os anos para cada fenofase, mostrando-se sincronia entre as jaboticabeiras de cada local.

**Tabela 3** – Parâmetros de estatística circular para o índice de intensidade de Fournier e o índice de atividade de acordo com as fenofases avaliadas nos jaboticabais de Clevelândia, Pato Branco e Vitorino, PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

| <b>Índice de intensidade de Fournier</b> |             |                           |             |                           |          |                           |
|--|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|----------|---------------------------|
| Locais                                   | Clevelândia |                           | Pato Branco |                           | Vitorino |                           |
| Fenofase                                 | $r$         | Teste de Rayleigh ( $p$ ) | $r$         | Teste de Rayleigh ( $p$ ) | $r$      | Teste de Rayleigh ( $p$ ) |
| FM                                       | 0,09        | < 0,001                   | 0,05        | < 0,001                   | 0,09     | < 0,001                   |
| BR                                       | 0,9         | < 0,001                   | 0,9         | < 0,001                   | 0,9      | < 0,001                   |
| BF                                       | 0,9         | < 0,001                   | 0,9         | < 0,001                   | 0,8      | < 0,001                   |
| ANT                                      | 0,9         | < 0,001                   | 0,9         | < 0,001                   | 0,9      | < 0,001                   |
| FRV                                      | 0,9         | < 0,001                   | 0,9         | < 0,001                   | 0,9      | < 0,001                   |
| FRM                                      | 0,9         | < 0,001                   | 0,9         | < 0,001                   | 0,9      | < 0,001                   |

| <b>Índice de atividade</b> |             |                           |             |                           |          |                           |
|----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|----------|---------------------------|
| Locais                     | Clevelândia |                           | Pato Branco |                           | Vitorino |                           |
| Fenofase                   | $r$         | Teste de Rayleigh ( $p$ ) | $r$         | Teste de Rayleigh ( $p$ ) | $r$      | Teste de Rayleigh ( $p$ ) |
| FM                         | 0,09        | < 0,001                   | 0,05        | < 0,001                   | 0,09     | < 0,001                   |

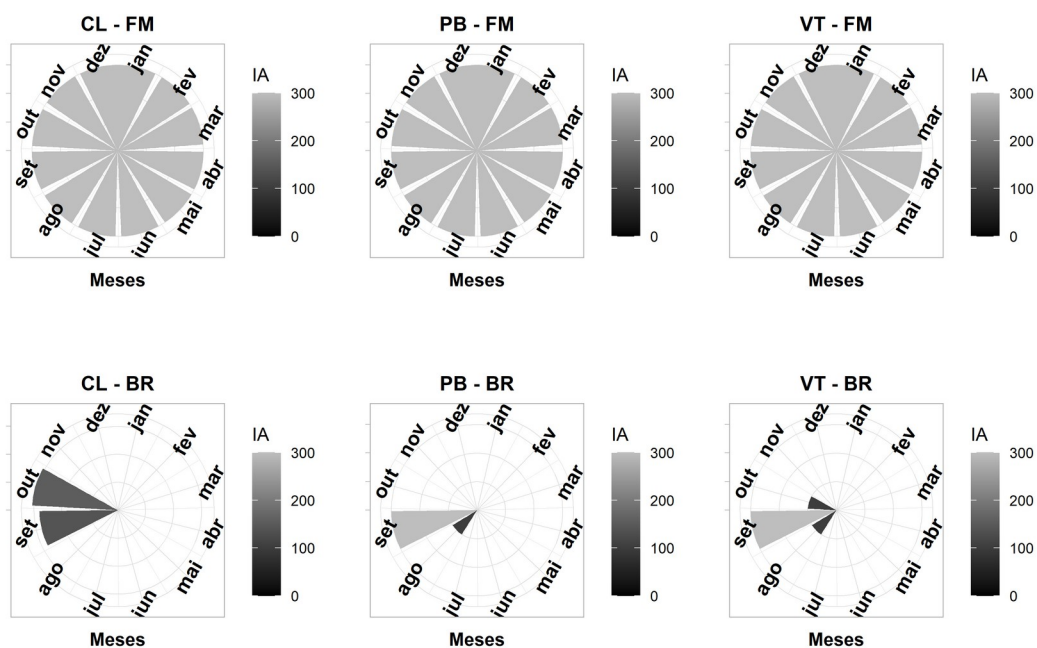
|     |     |         |     |         |     |         |
|-----|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| BR  | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 |
| BF  | 0,9 | < 0,001 | 0,8 | < 0,001 | 0,7 | < 0,001 |
| ANT | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 |
| FRV | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 | 0,8 | < 0,001 |
| FRM | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 | 0,9 | < 0,001 |

r= comprimento do vetor. FM= folha madura; BR= brotação; BF= botão floral; ANT= antese; FRV= fruto verde; FRM= fruto maduro.

Fonte: O Autor, (2020).

A renovação foliar (brotação) ocorreu apenas uma vez ao ano em todos os jaboticabais, com as folhas maduras foram mantendo-se durante todos os meses (Figuras 9 e 10).

**Figura 9** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de atividade (IA) das fenofases vegetativas, folhas maduras (FM) e brotações (BR) de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

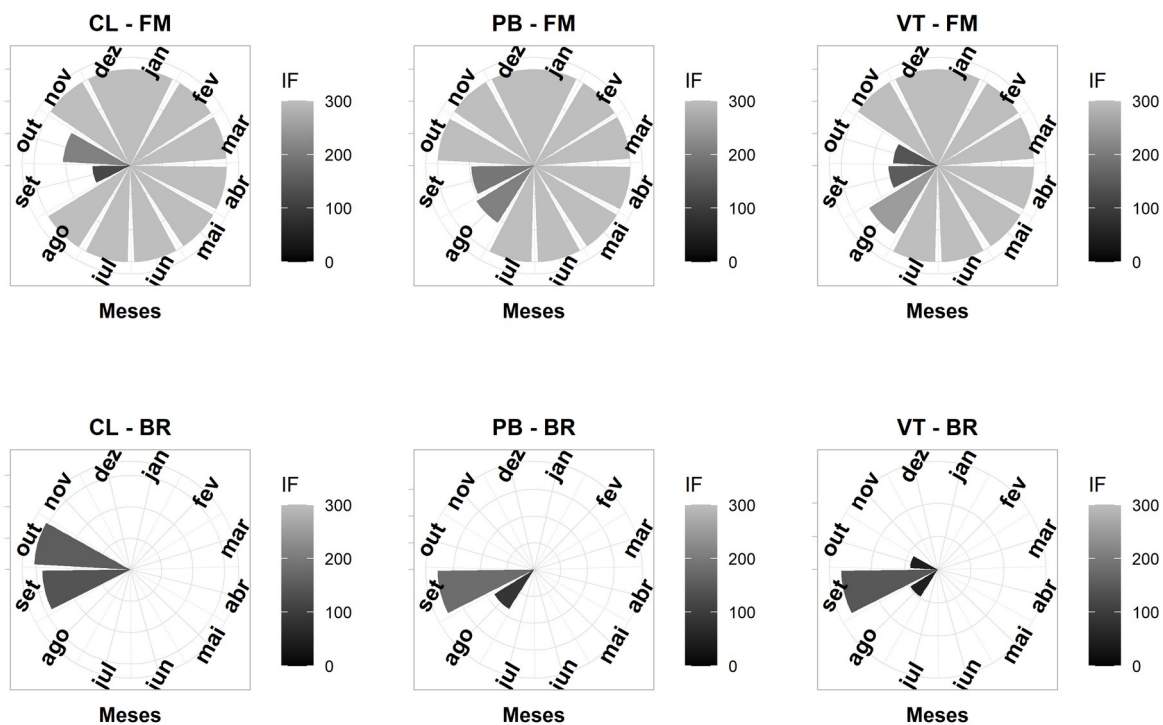


Fonte: O Autor, (2020).

A brotação teve maiores valores de índice de atividade (IA) e índice intensidade de Fournier (IF) nos meses de setembro em Pato Branco e Vitorino e em outubro em Clevelândia (Figuras 9 e 10). De acordo com o teste de Watson-Williams, os valores foram significativamente diferentes entre os locais para IA ( $F = 177, p < 0,01$ ) e IF ( $F = 188, p < 0,01$ ). Foi observado, que o período de renovação

foliar coincide com a ocorrência dos eventos botão floral, antese e de frutos verdes em todos os locais de estudo.

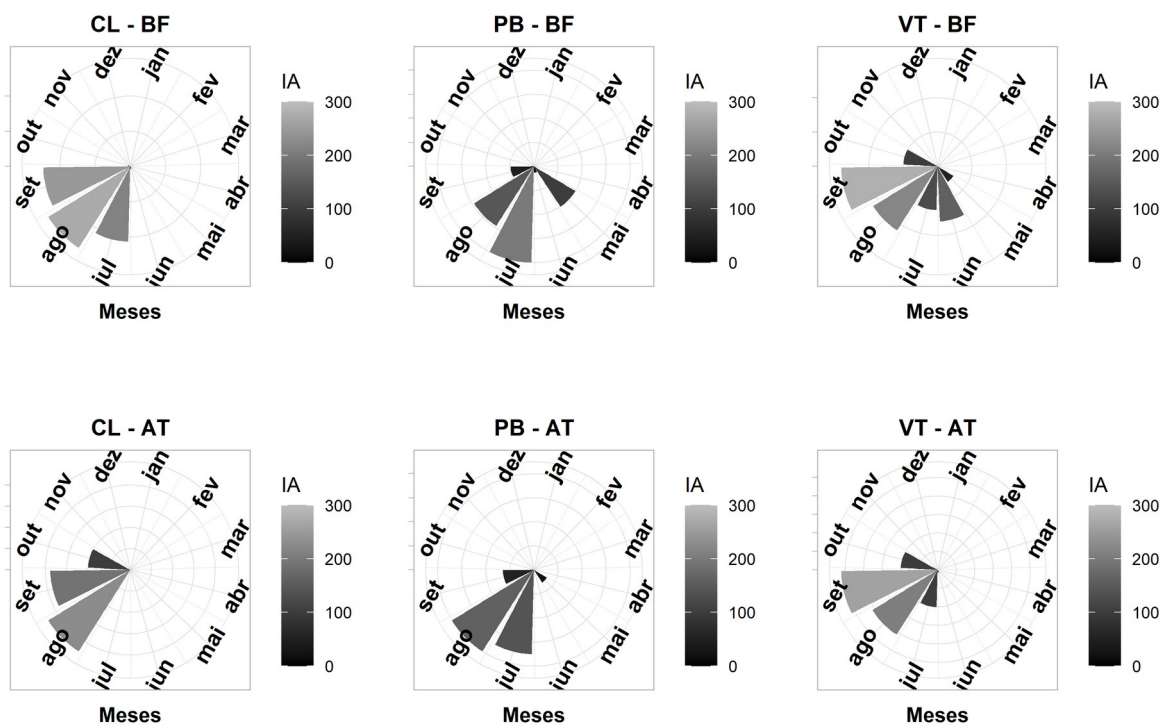
**Figura 10** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Founier (IF) das fenofases vegetativas, folhas maduras (FM) e brotações (BR) de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

Houve formação constante e simultânea de botões florais e antese entre julho/setembro, resultando na maior duração destas fenofases. Para botão floral, o teste de Watson-Williams mostrou valores significativamente diferentes entre os locais para IA ( $F = 107$ ,  $p < 0,01$ ) e IF ( $F = 30$ ,  $p < 0,01$ ).

**Figura 11** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de atividade (IA) das fenofases reprodutivas, botão floral (BF) e antese (AT) de jaticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

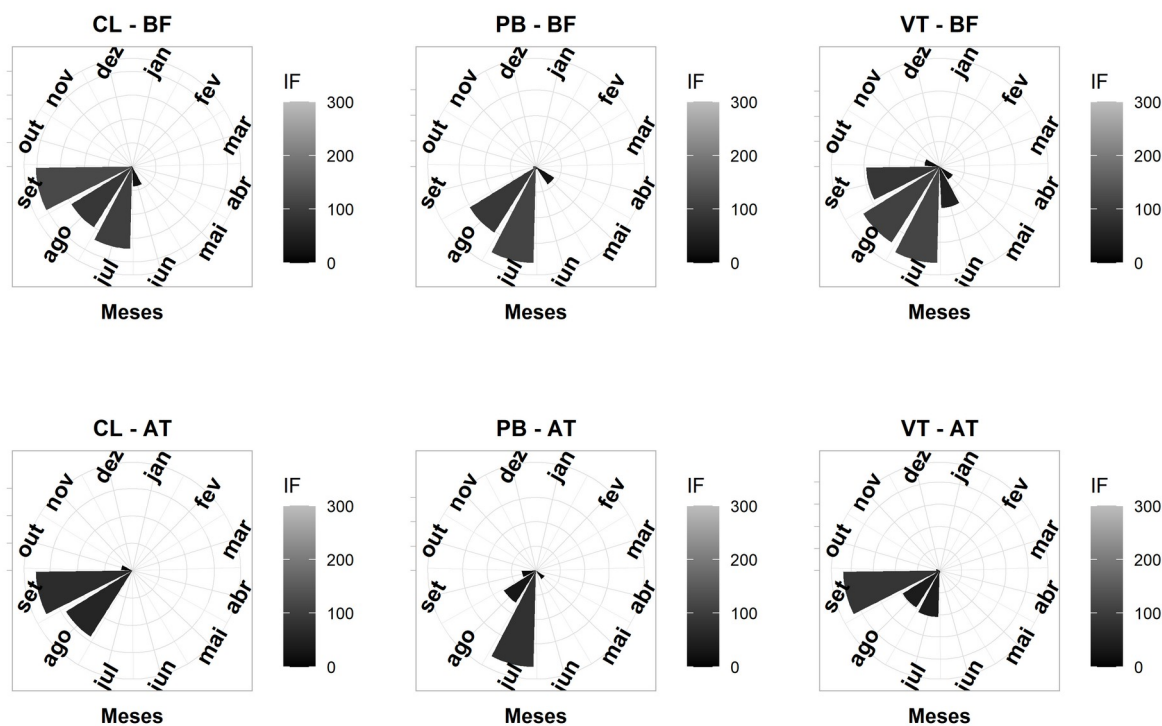


Fonte: O Autor, (2020).

O início do botão floral ocorreu entre junho/julho em todos os jaboticabais. Clevelândia apresentou maior valor de IA (273) e IF (121) em agosto e setembro, respectivamente (Figuras 11 e 12). Em Vitorino, observou-se maior IA entre agosto/setembro (220 e 280) (Figura 11) e maior IF entre julho/agosto (115 e 107) (Figura 12). Em Pato Branco, o IA (200) e IF (113) apresentaram os maiores valores em julho (Figuras 11 e 12).

Para a antese, detectou-se diferença entre os locais para os valores de IA ( $F= 197$ ,  $p < 0,01$ ) e IF ( $F= 104$ ,  $p < 0,01$ ). O início da antese em Clevelândia e o maior IA (227), ocorreram em agosto, e o maior IF (70) ocorreu em setembro (Figuras 11 e 12). Em Pato Branco os maiores valores de IA (160) e IF (79) ocorreram em agosto e julho, respectivamente. Em Vitorino os maiores valores dos índices foram encontrados em setembro (IA = 260 e IF = 87) (Figuras 11 e 12).

**Figura 12** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Founier (IF) das fenofases reprodutivas, botão floral (BF) e antese (AT) de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



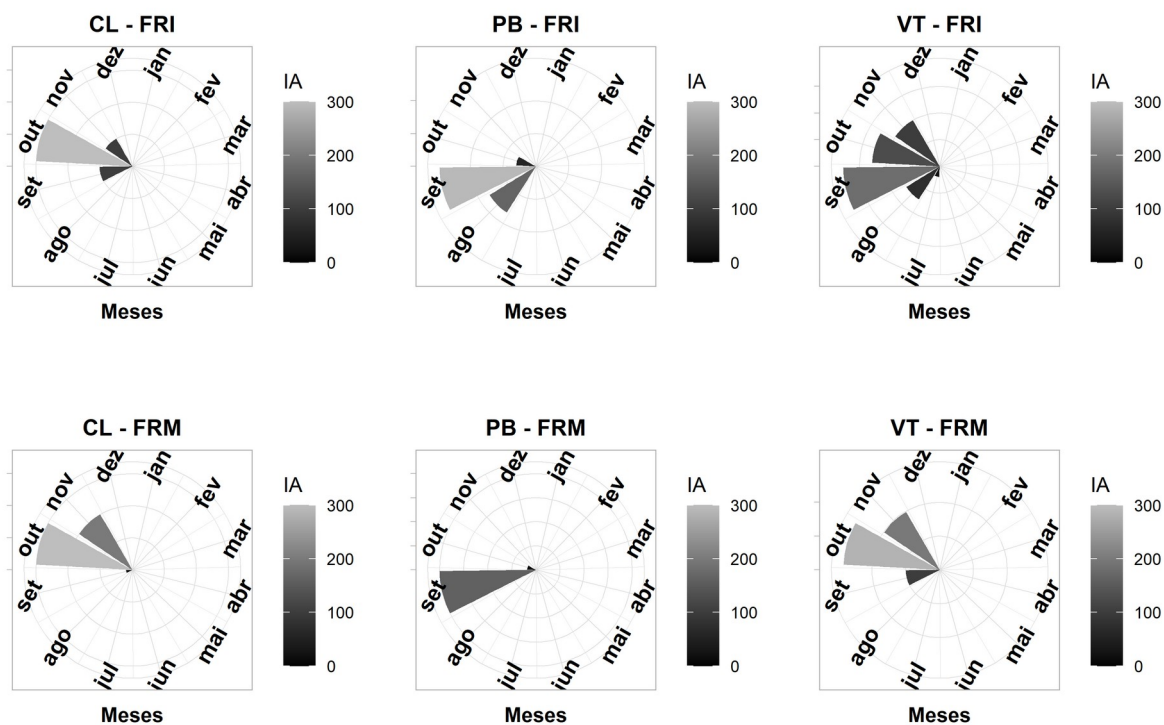
Fonte: O Autor, (2020).

Os eventos de frutificação também foram distintos entre locais de estudo. Foram obtidos para frutos imaturos valores de índice de atividade (IA) de  $F = 300$  e  $p < 0,01$ , enquanto para índice de intensidade de Founier (IF) os valores obtidos foram de  $F = 134$  e  $p < 0,01$ . Para frutos maduros, os valores observados foram para IA foram de  $F = 316$  e  $p < 0,01$ , enquanto que para IF, os valores observados foram de  $F = 115$  e  $p < 0,01$ , segundo teste de Watson-Williams.

Em Clevelândia, o início do evento fruto imaturo foi em setembro e o início do fruto maduro em outubro. Observou-se que em Clevelândia, os maiores valores de IA e IF para frutos verdes (IA = 285 e IF = 136) e frutos maduros (IA = 285 e IF = 83), foram encontrados em outubro (Figuras 13 e 14).



**Figura 13** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de atividade (IA) das fenofases reprodutivas, fruto imaturo (FRI) e fruto maduro (FRM) de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

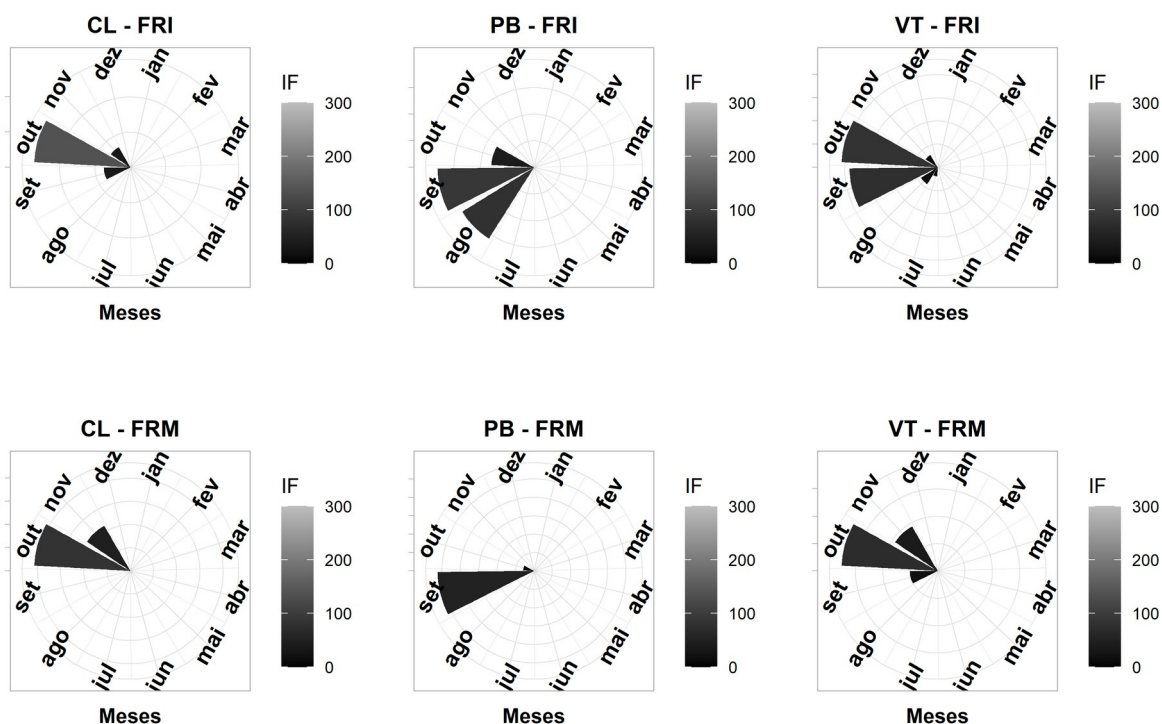


Fonte: O Autor, (2020).

Em Pato Branco, os maiores valores de picos de IA (250) e IF (90) para fruto verde ocorreram em setembro (Figuras 13 e 14). Foi possível observar que para fruto maduro, houve menor IA (160), quando comparado aos outros jaboticabais (Figura 13). Isso ocorreu, pois nos anos de 2017 e 2019, houve a queda dos frutos na época de amadurecimento. Inclusive, neste local, duas jaboticabeiras não produziram frutos no ano de 2017.

Em Vitorino podemos observar que o início da formação de frutos imaturos ocorreu entre julho/agosto. Entretanto, é possível observar que os maiores valores de IA (290) e IF (190) ocorreram no mês de outubro. Também foi observado que a formação de frutos em Vitorino ocorre até o mês de novembro, porém em menores intensidades (Figuras 13 e 14).

**Figura 14** – Representação da estatística circular de acordo com o índice de intensidade de Fournier (IF) das fenofases reprodutivas, fruto imaturo (FRI) e fruto maduro (FRM) de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*), nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

O Modelo Aditivo Generalizado para Localização, Escala e Forma (GAMLSS) indicou que fotoperíodo, temperatura média e temperatura máxima, foram as melhores variáveis preditoras para folha jovem e botão floral. O modelo indicou que as variáveis precipitação e temperatura mínima não obtiveram associação com as fenofases brotação e botão floral. O fotoperíodo, temperaturas média e máxima foram associados positivamente com brotação, enquanto o fotoperíodo e temperatura média foram associadas negativamente com botão floral (com exceção de Pato Branco) (Tabela 4).

**Tabela 4** – Resultados do modelo GAMLSS para o índice de intensidade de folhas jovens e botão floral de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) em Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), PR, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

| Fenofases    | Local | Variável preditora |                    |         |                       |        |                    |
|--------------|-------|--------------------|--------------------|---------|-----------------------|--------|--------------------|
|              |       | Interc*            | Prec <sup>ns</sup> | Foto*   | Tmed                  | Tmax*  | Tmin <sup>ns</sup> |
| Brotação     | CL    | -20,2784           | 0,0028             | 0,9403  | 0,4319*               | 0,1561 | -0,0644            |
|              | PB    | 26,7786            | 0,0136             | 2,7082  | 0,6799 <sup>ns</sup>  | 0,5817 | 0,3477             |
|              | VT    | -7,0507            | 0,0071             | 0,3633  | 0,0706 <sup>ns</sup>  | 0,1888 | -0,1149            |
| Botão floral | CL    | 13,3231            | -0,0049            | -1,1378 | -0,5745*              | 0,4879 | 0,0583             |
|              | PB    | 26,3211            | 0,0093             | -2,7524 | -0,0418 <sup>ns</sup> | 0,3143 | -0,0877            |
|              | VT    | 14,2071            | 0,0003             | -1,2597 | -0,2464*              | 0,3221 | -0,0589            |

Interc= interceptação; Prec= precipitação. Foto= fotoperíodo. Tmed= temperatura média. Tmax= temperatura máxima. Tmin= temperatura mínima. \* $p \leq 0,05$ . ns = significativo ( $p > 0,05$ ).  
Fonte: O Autor, (2020).

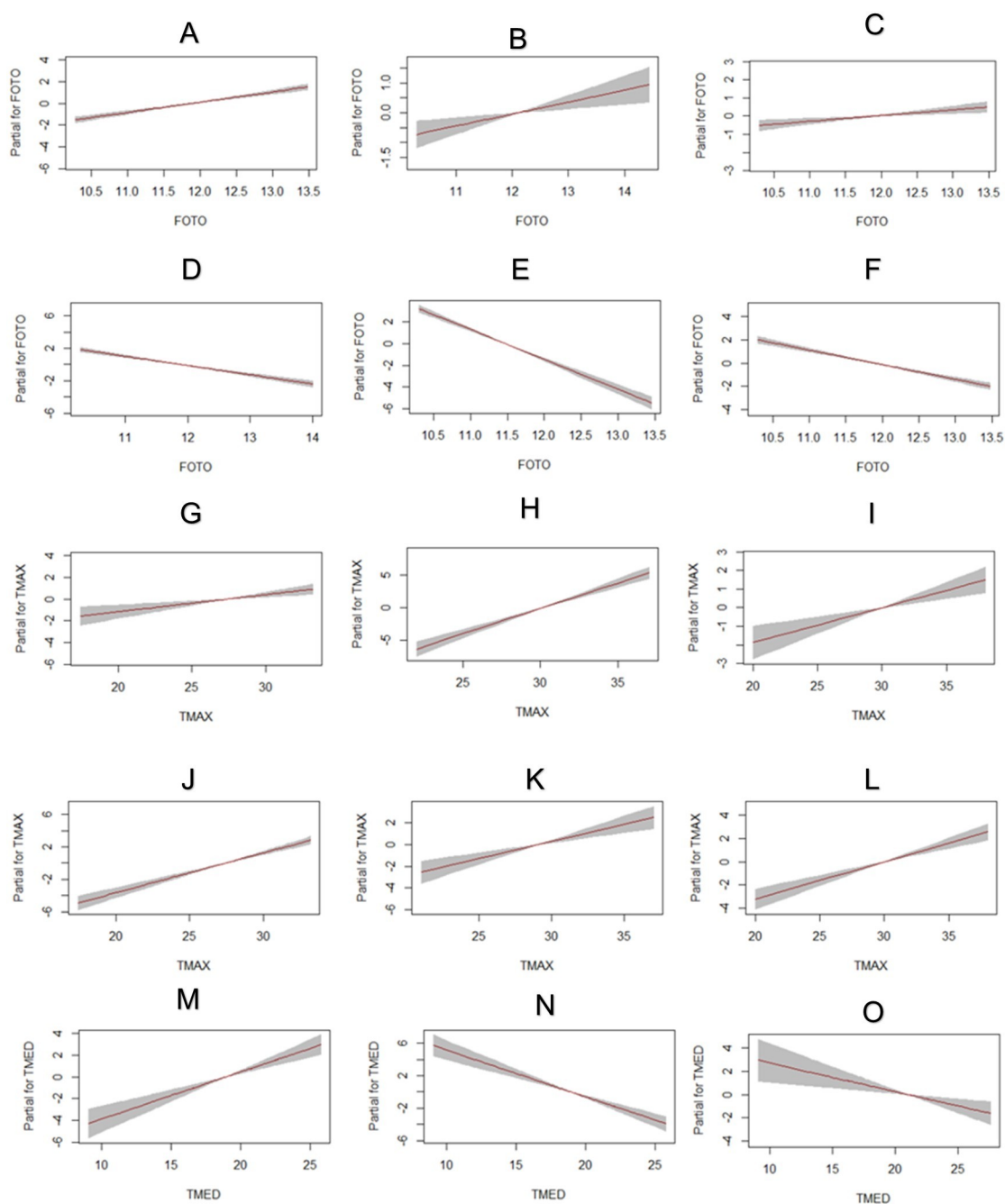
Através dos valores das parcelas residuais parciais das covariáveis significativas no melhor modelo GAMLSS, foi possível verificar a quantidade de horas que o fotoperíodo contribuiu para a formação das brotações e dos botões florais. Bem como, verificar a quantidade de graus Celsius necessárias para a formação dos botões florais e das brotações (Figura 15).

O fotoperíodo foi responsável por contribuir com valores acima de 12 horas para formação das brotações em todos os locais de estudo. Para a formação dos botões florais, o fotoperíodo contribuiu com valores abaixo de 12 horas em todos os locais de estudo (Figura 15).

A temperatura máxima contribuiu com valores acima de 25 °C em Clevelândia e 28 °C em Vitorino e Pato Branco, tanto para formação de brotações como para a formação dos botões florais (Figura 15).

Em Clevelândia, a temperatura média contribuiu com valores acima de 18 °C para brotações, e não foi significativa para os outros locais de estudo. Para a formação dos botões florais, a temperatura média contribuiu com valores abaixo de 20 °C para Clevelândia e Vitorino (Figura 15).

**Figura 15** – Parcelas residuais parciais das covariáveis significativas no melhor modelo GAMLSS para índice de atividade. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Folhas jovens em Clevelândia (A), Pato Branco (B) e Vitorino (C); Botão floral em Clevelândia (D), Pato Branco (E) e Vitorino (F); Folhas jovens em Clevelândia (G), Pato Branco (H) e Vitorino (I); Botão floral em Clevelândia (J), Pato Branco (K) e Vitorino (L); Folhas jovens em Clevelândia (M), Botão floral em Clevelândia (N) e Vitorino (O). FOTO= fotoperíodo; TMAX=temperatura máxima; TMED= temperatura média.  
 Fonte: O Autor, (2020).

#### 4.2 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA

A estatística descritiva para as amostras de jaboticabeira mostrou que a intercorrelação entre as séries foi significativa pela datação realizada pelo Cofecha. O máximo de anéis datados foi em PB, enquanto o menor foi obtido em CL. Os maiores períodos amostrados foram encontrados em CH e VT, ambos com 105 anos, enquanto em CL o período foi de 70 anos (Tabela 5).

**Tabela 5** – Estatística descritiva referente a datação realizada nas amostras de jaboticabeiras, de acordo com cada local de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

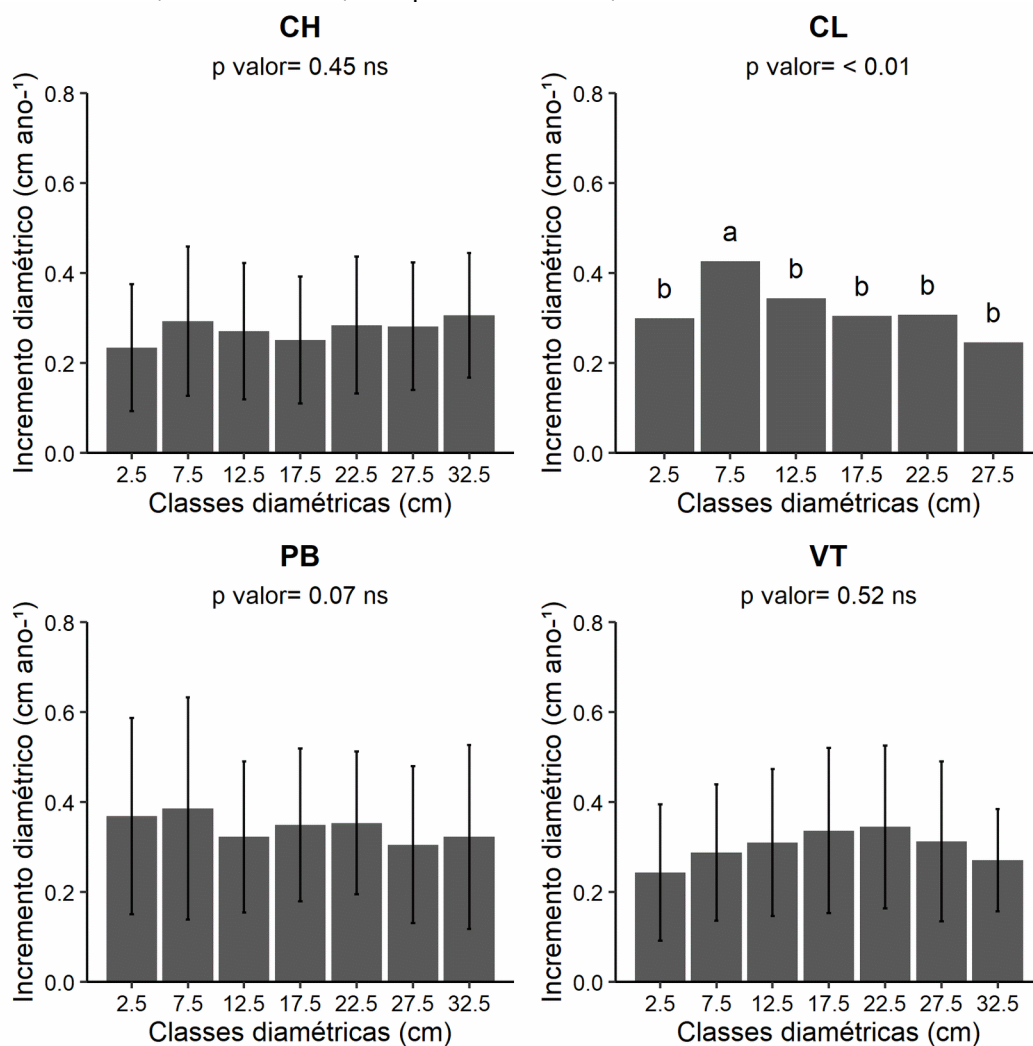
| Local | N.S.D | N.A.D | C.M.S<br>(anos) | P.A (anos)  | Intercor* | MS  |
|-------|-------|-------|-----------------|-------------|-----------|-----|
| CH    | 10    | 851   | 85              | 1913 a 2018 | 0,4       | 0,5 |
| CL    | 10    | 510   | 51              | 1949 a 2018 | 0,4       | 0,6 |
| PB    | 10    | 882   | 88              | 1887 a 2018 | 0,4       | 0,5 |
| VT    | 8     | 580   | 73              | 1914 a 2018 | 0,4       | 0,6 |

N.S.D: número de séries datadas; N.A.D: número de anéis datados; C.M.S: comprimento médio das séries; P.A: período amostrado. Intercor: intercorrelação entre séries; MS: sensibilidade média. \*intercorrelação significativa pela datação do Cofecha.

Fonte: O Autor, (2020).

O crescimento diamétrico médio de *Plinia* cf. *peruviana* foi de 0,27 cm ano<sup>-1</sup> em Chopinzinho (CH), 0,31 cm ano<sup>-1</sup> em Clevelândia (CL), 0,37 cm ano<sup>-1</sup> em Pato Branco (PB) e 0,32 cm ano<sup>-1</sup> em Vitorino (VT). Em todos os locais, a taxa de incremento foi homogêneo entre as classes de diâmetro, com exceção de CL, no qual as jaboticabeiras do centro de classe 7,5 cm tiveram crescimento em diâmetro significativamente maior que nas demais classes (Figura 16).

**Figura 16** – Crescimento diamétrico ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) entre classes diamétricas das jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

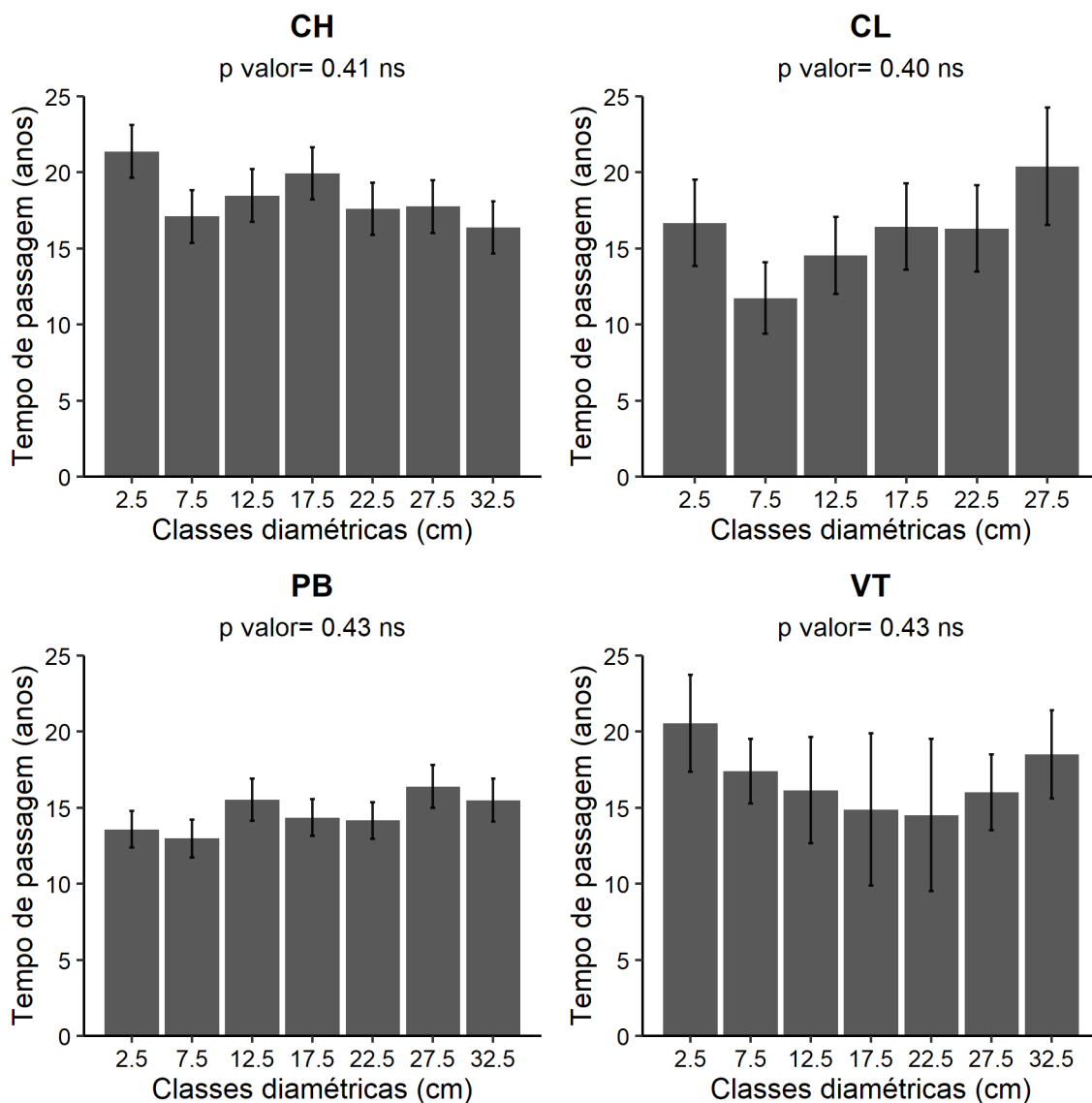


Letras distintas indicam diferença entre médias, pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,01$ ). ns: indica que não houve diferença pelo teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância. Linhas verticais indicam desvio padrão.

Fonte: O Autor, (2020).

Também não houve diferenças significativas nos tempos de passagem entre as classes de diâmetro. As jaboticabeiras apresentaram tempo médio de 16 anos entre classes diamétricas (CH = 18 anos, CL e VT = 16 anos e PB = 14 anos) (Figura 17).

**Figura 17** – Tempo de passagem (anos) entre classes diamétricas das jaboticabeiras (*Plinia* cf. *peruviana*) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

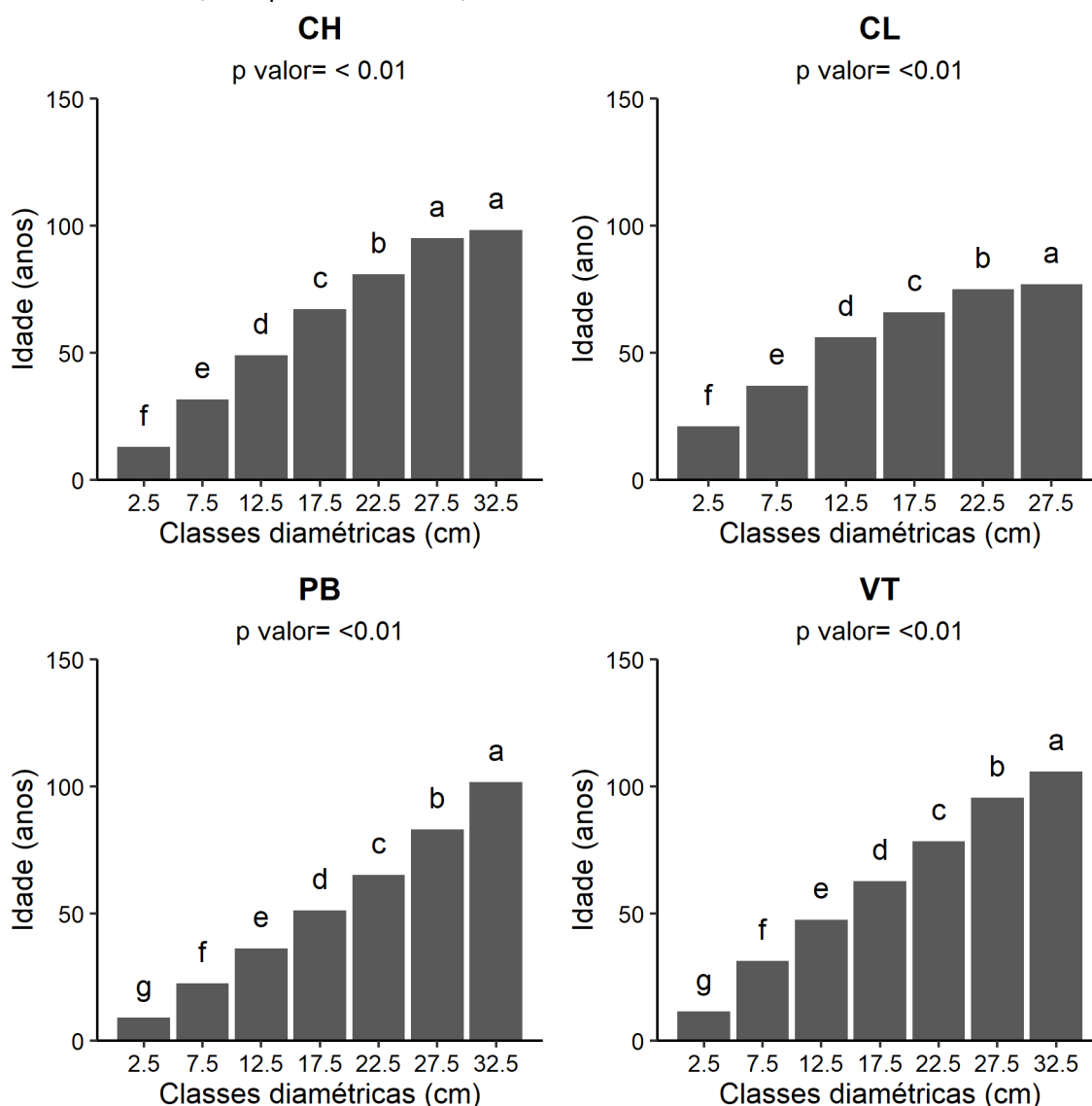


ns: indica que não houve diferença pelo teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância. Linhas verticais indicam desvio padrão.

Fonte: O Autor, (2020).

A média de idade das jaboticabeiras no maior centro de classe de diâmetro (32,5 cm) foi de aproximadamente 100 anos em CH, PB e VT, e de 77 anos em CL, no qual o maior centro de classe foi de 27,5 cm. A idade foi significativamente crescente, conforme foi aumentando o centro de classe de diâmetro das jaboticabeiras em todos os locais. A única exceção foi que não houve diferença significativa na idade entre as classes 27,5 e 32,5 cm em CH (Figura 18).

**Figura 18** – Idade (anos) entre classes diamétricas das jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Letras distintas indicam diferença entre médias, pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,01$ ). ns: indica que não houve diferença pelo teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância. Linhas verticais indicam desvio padrão.

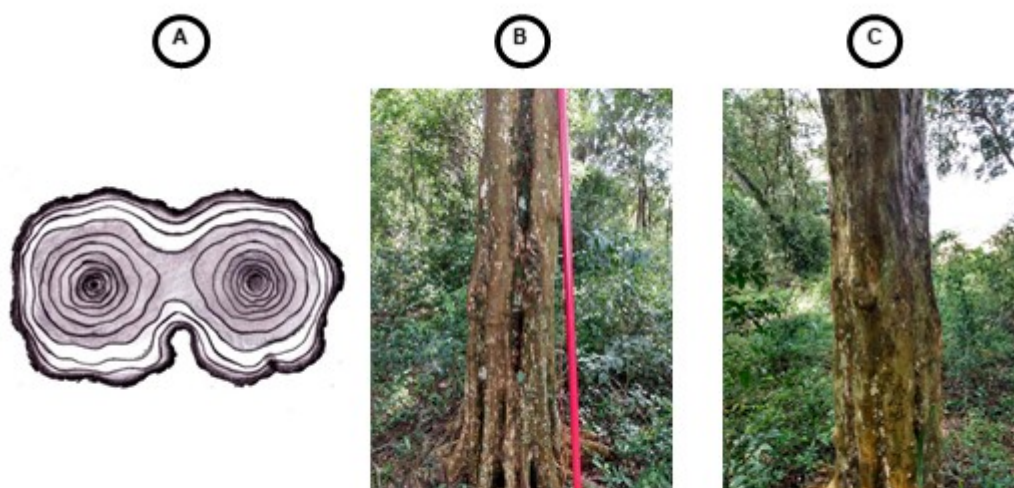
Fonte: O Autor, (2020).

A análise retroativa do diâmetro indicou inconsistência com a idade estimada inicialmente em várias amostras. O diâmetro calculado era equivalente à aproximadamente metade daquele aferido nas medições em campo. Foi então verificado que estas amostras continham dois troncos fundidos, que caracterizou a presença de duas medulas (Figura 19 A), ou seja, se tratava de duas jaboticabeiras. Então, foi realizada revisitação das jaboticabeiras coletadas em campo, e visualizou-



se a fusão de troncos na base, caracterizada por reentrâncias profundas (Figura 19 B e C).

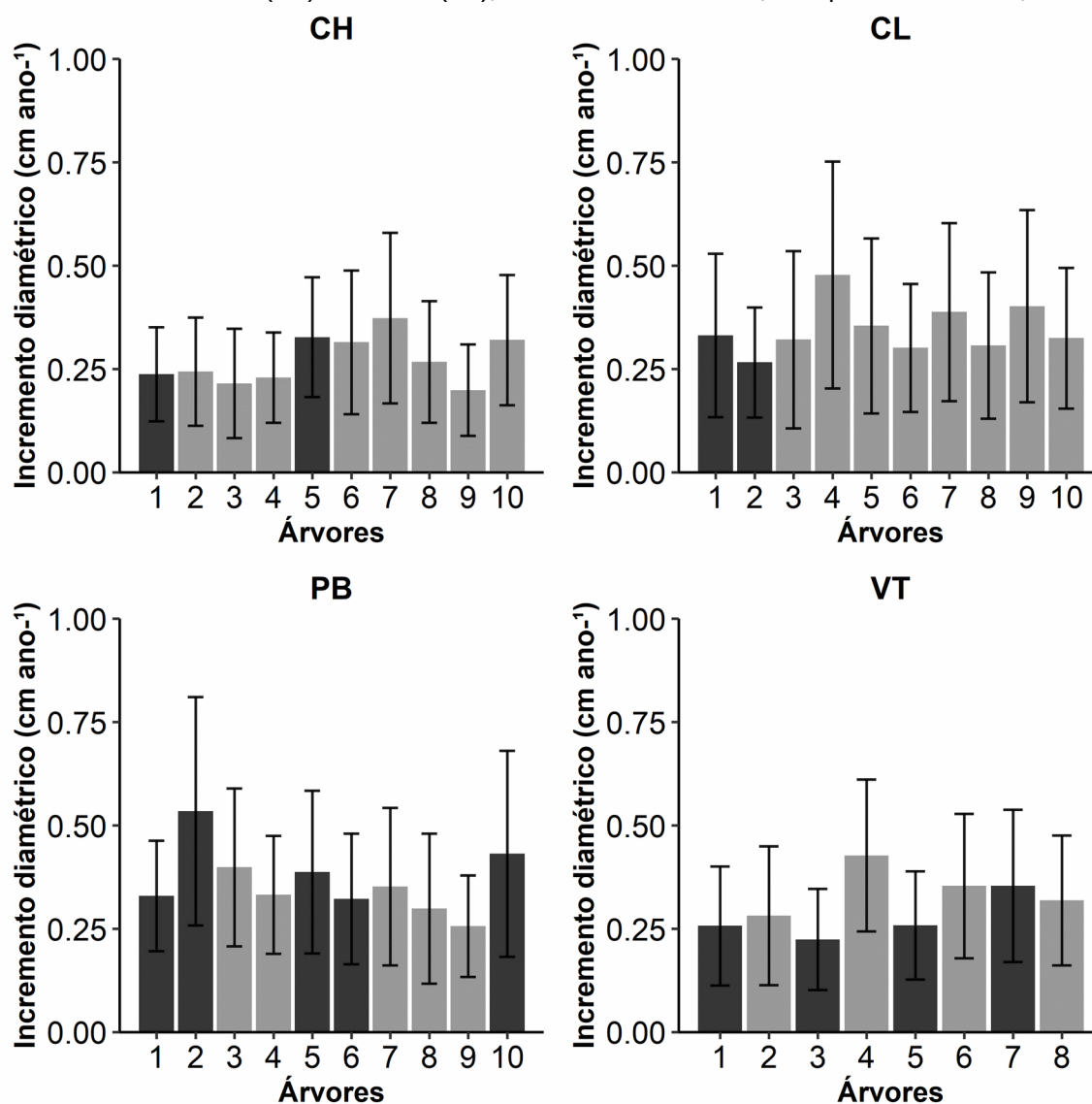
**Figura 19** – Esquema representando troncos fundidos com medula dupla (A) e conformação de tronco fundido de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) a campo com visão frontal (B) e do verso da árvore (C), da qual a amostra apresentou medula dupla nas análises dendrocronológicas (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

O fenômeno de medulas duplas foi observado na maioria das árvores amostradas (~66%), variando de 50% das jaboticabeiras em PB e VT a 80% em CH e CL. Para essas árvores foram considerados nos cálculos o diâmetro referente a apenas uma das medulas. Não foram verificadas diferenças significativas de incremento diamétrico entre jaboticabeiras com medula única e com medulas duplas, nos diferentes locais de estudo (Figura 20).

**Figura 20** – Incremento diamétrico de árvores de jaticabeira (*Plinia cf. peruviana*) que apresentaram medula dupla e medula simples em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Linhas verticais representam desvio padrão. Barras cinzas escuras representam jaticabeiras sem medula dupla. Barras cinzas claras representam jaticabeiras com medula dupla. Em VT foram utilizadas oito árvores.

Fonte: O Autor, (2020).

O modelo de Chapman-Richards apresentou maior aderência às séries cronológicas das jaticabeiras em cada um dos quatro locais de estudo. Entretanto, o modelo Monomolecular apresentou maior aderência às séries cronológicas quando considerados todos os indivíduos para o ajuste de uma única curva de crescimento para a espécie (Tabela 6).

**Tabela 6** – Parâmetros estatísticos e coeficientes das equações de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) ajustadas em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB), Vitorino (VT) e todos os locais (JB). UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

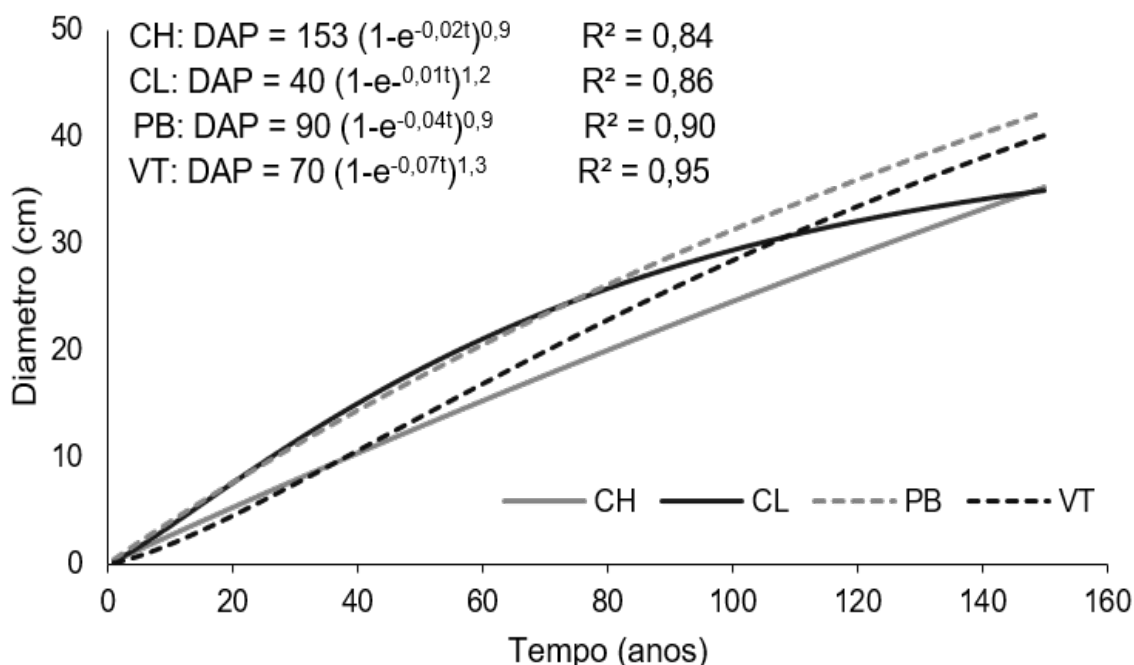
| Local | Modelo                  | Coeficientes |          |       | Estatísticas |         |         |      |
|-------|-------------------------|--------------|----------|-------|--------------|---------|---------|------|
|       |                         | b0           | b1       | b2    | Syx (%)      | AICC    | BIC     | RSME |
| CH    | <b>Chapman-Richards</b> | 153,0        | 0,002    | 0,995 | 21,4         | 230.767 | 230.803 | 3,0  |
|       | Gompertz                | 36,1         | 2,900    | 0,020 | 21,5         | 232.789 | 232.824 | 3,0  |
|       | Johnson-Schumacher      | 17,2         | 1611,000 | 8604  | 53,6         | 349.155 | 349.190 | 7,5  |
|       | Logística               | 30,3         | 9,200    | 0,036 | 22,0         | 235.642 | 235.677 | 3,1  |
|       | Lundqvist-Korf          | 50,0         | 111,400  | 1,300 | 71,2         | 253.134 | 253.170 | 10,0 |
|       | Monomolecular           | 142,0        | 1,000    | 0,002 | 21,4         | 230.767 | 230.803 | 3,0  |
|       | Schumacher              | 39,9         | 52,250   | -     | 22,7         | 245.211 | 245.238 | 3,2  |
| CL    | <b>Chapman-Richards</b> | 40,1         | 0,015    | 1,237 | 18,8         | 230.741 | 230.776 | 2,3  |
|       | Gompertz                | 27,6         | 2,940    | 0,039 | 19,0         | 231.935 | 231.970 | 2,4  |
|       | Lundqvist-Korf          | 40,0         | 35,001   | 1,100 | 41,1         | 238.404 | 238.439 | 5,1  |
|       | Monomolecular           | 54,6         | 1,017    | 0,008 | 18,8         | 230.851 | 230.887 | 2,3  |
|       | Schumacher              | 33,7         | 30,800   | -     | 19,9         | 236.729 | 236.756 | 2,5  |
| PB    | <b>Chapman-Richards</b> | 90,1         | 0,004    | 0,971 | 17,1         | 447.851 | 447.888 | 3,1  |
|       | Gompertz                | 42,8         | 2,688    | 0,021 | 17,4         | 451.297 | 451.334 | 3,2  |
|       | Logística               | 37,6         | 8,148    | 0,037 | 17,9         | 455.797 | 455.834 | 3,2  |
|       | Lundqvist-Korf          | 316,0        | 9,454    | 0,305 | 17,3         | 450.163 | 450.201 | 3,1  |
|       | Schumacher              | 90,1         | 0,004    | 0,972 | 20,0         | 476.081 | 476.109 | 3,6  |
| VT    | <b>Chapman-Richards</b> | 70,8         | 0,007    | 1,375 | 12,7         | 243.208 | 243.244 | 2,0  |
|       | Gompertz                | 41,9         | 3,372    | 0,022 | 12,6         | 242.138 | 242.174 | 2,0  |
|       | Logística               | 34,7         | 13,194   | 0,041 | 8,6          | 265.519 | 265.555 | 2,0  |
|       | Lundqvist-Korf          | 50,0         | 70,372   | 1,033 | 13,0         | 245.883 | 245.919 | 1,3  |
|       | Monomolecular           | 50,0         | 1,076    | 0,008 | 15,0         | 263.631 | 263.667 | 2,3  |
|       | Schumacher              | 54,6         | 67,226   | -     | 15,0         | 263,411 | 263.438 | 2,3  |
| JB    | Chapman-Richards        | 308,3        | 0,001    | 0,944 | 29,6         | 406.060 | 406.097 | 4,5  |
|       | Gompertz                | 41,2         | 2,790    | 0,025 | 28,5         | 413.952 | 413.989 | 4,4  |
|       | Logística               | 35,1         | 8,698    | 0,044 | 28,6         | 421.686 | 421.724 | 4,4  |
|       | <b>Monomolecular</b>    | 123,1        | 1,001    | 0,003 | 29,2         | 406.193 | 406.230 | 4,5  |
|       | Schumacher              | 42,2         | 38,852   | -     | 28,1         | 437.432 | 437.460 | 4,3  |

Modelo em negrito indicam os melhores ajustes. Syx (%) = erro padrão da estimativa; AICC = critério de informação de Akaike corrigido; BIC = critério de informação Bayesiano; RSME = raiz quadrada do erro médio.

Fonte: O Autor, (2020).

O ponto de culminação do incremento em diâmetro nas jaboticabeiras ocorreu próximo aos 27 anos de idade em CL, e próximo aos 35 anos de idade em VT (Figura 21), tendendo reduzir ou estabilizar o crescimento após esses pontos. O ponto de culminação do incremento em diâmetro ainda não foi atingido para as curvas geradas para as jaboticabeiras em CH e PB (Figura 21).

**Figura 21** – Curvas de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), ajustadas pelo modelo de Chapman-Richards. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



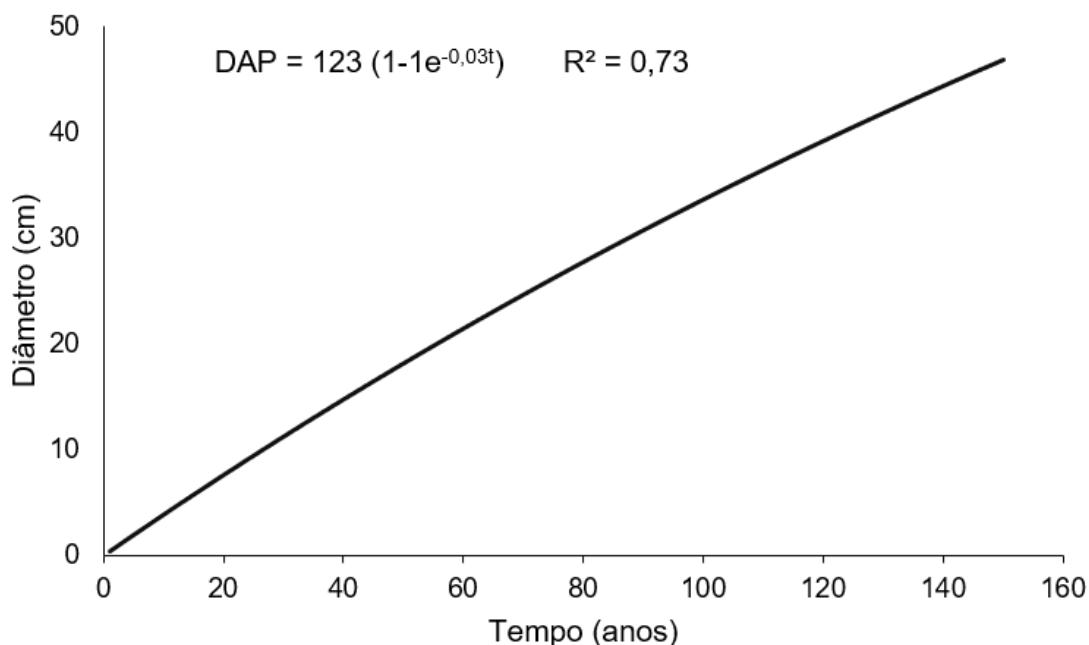
Fonte: O Autor, (2020).

Quando se comparou os ajustes de crescimento diamétrico entre as populações de CL e PB, foi possível observar que as árvores apresentaram crescimento similar até ~35 cm de diâmetro, a partir desse ponto houve diminuição do crescimento em CL, o que pode indicar que existe algum fator restringindo o crescimento das jaboticabeiras neste local (Figura 21).

Observou-se que CH e VT apresentaram crescimento similar nas classes diamétricas menores, e a partir 10 cm de diâmetro é possível observar maior crescimento diamétrico em VT. Além disso, foi possível verificar que as jaboticabeiras em CH apresentaram o menor crescimento diamétrico entre as populações (Figura 21).

Observou-se que a curva de crescimento ajustada considerando todas as jaboticabeiras de todos os locais de estudo, ainda não atingiu o que o ponto de culminação do incremento em diâmetro (Figura 22).

**Figura 22** – Curvas de crescimento diamétrico de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Chopinzinho (CH), Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), ajustadas pelo modelo de Chapman-Richards. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



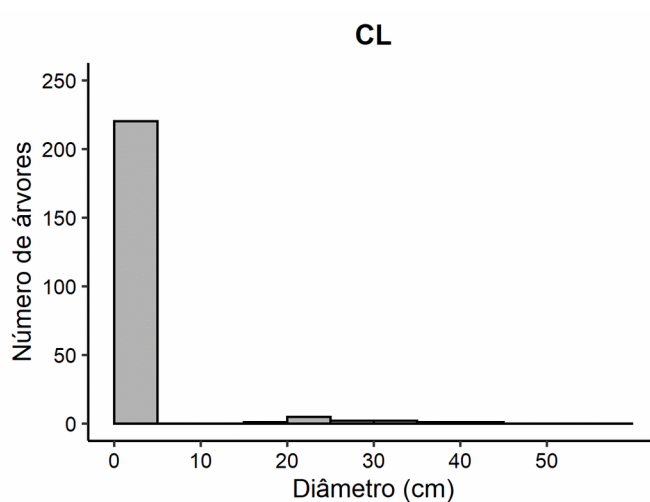
Fonte: O Autor, (2020).

#### 4.3 ANÁLISE DEMOGRÁFICA DA REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA

A distribuição diamétrica de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) indicou padrão do tipo J invertido em Clevelândia, com maior número de indivíduos nas menores classes diamétricas. Observou-se também lacunas principalmente entre os diâmetros menores, a partir de 5 cm até 15 cm (Figura 23).

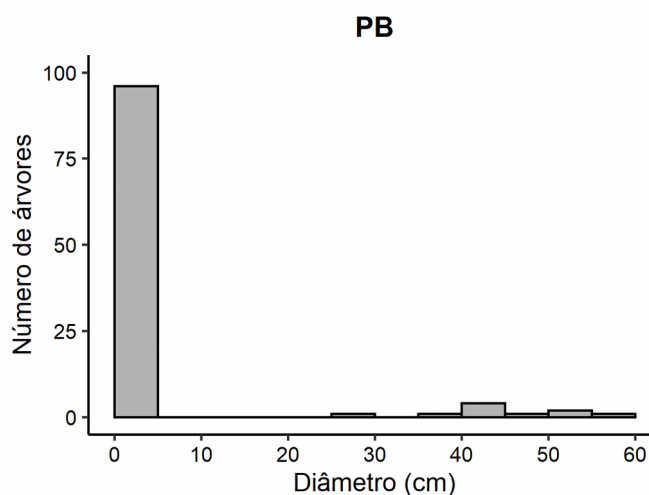
Em Pato Branco, observou-se o mesmo padrão do tipo J invertido, com maior número de jaboticabeiras nas menores classes diamétricas (1-2 cm). Também observou-se lacunas entre os indivíduos com menores diâmetros, a partir dos 2 cm até 25 cm (Figura 24).

**Figura 23** – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Clevelândia (CL), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

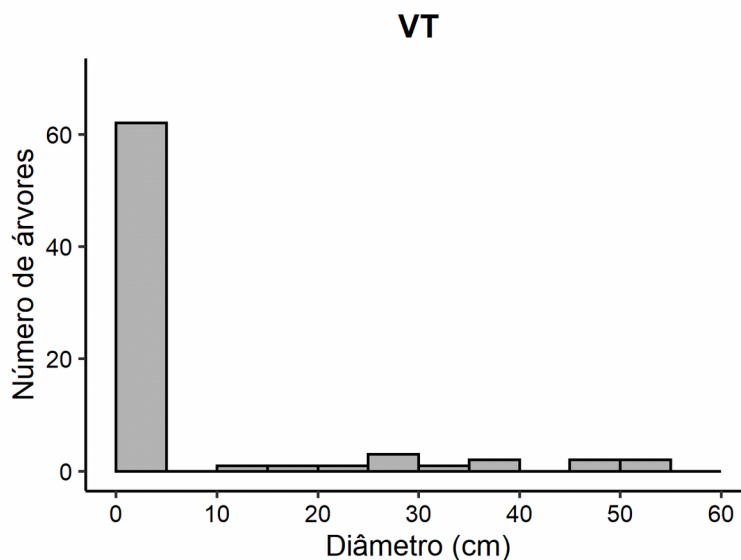
**Figura 24** – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Pato Branco (PB), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

A distribuição diamétrica em Vitorino apresentou o mesmo padrão dos demais locais, com maior número de indivíduos nas menores classes diamétricas e lacunas, que vão desde os 2 cm até os 14 cm de diâmetro (Figura 25).

**Figura 25** – Distribuição diamétrica de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

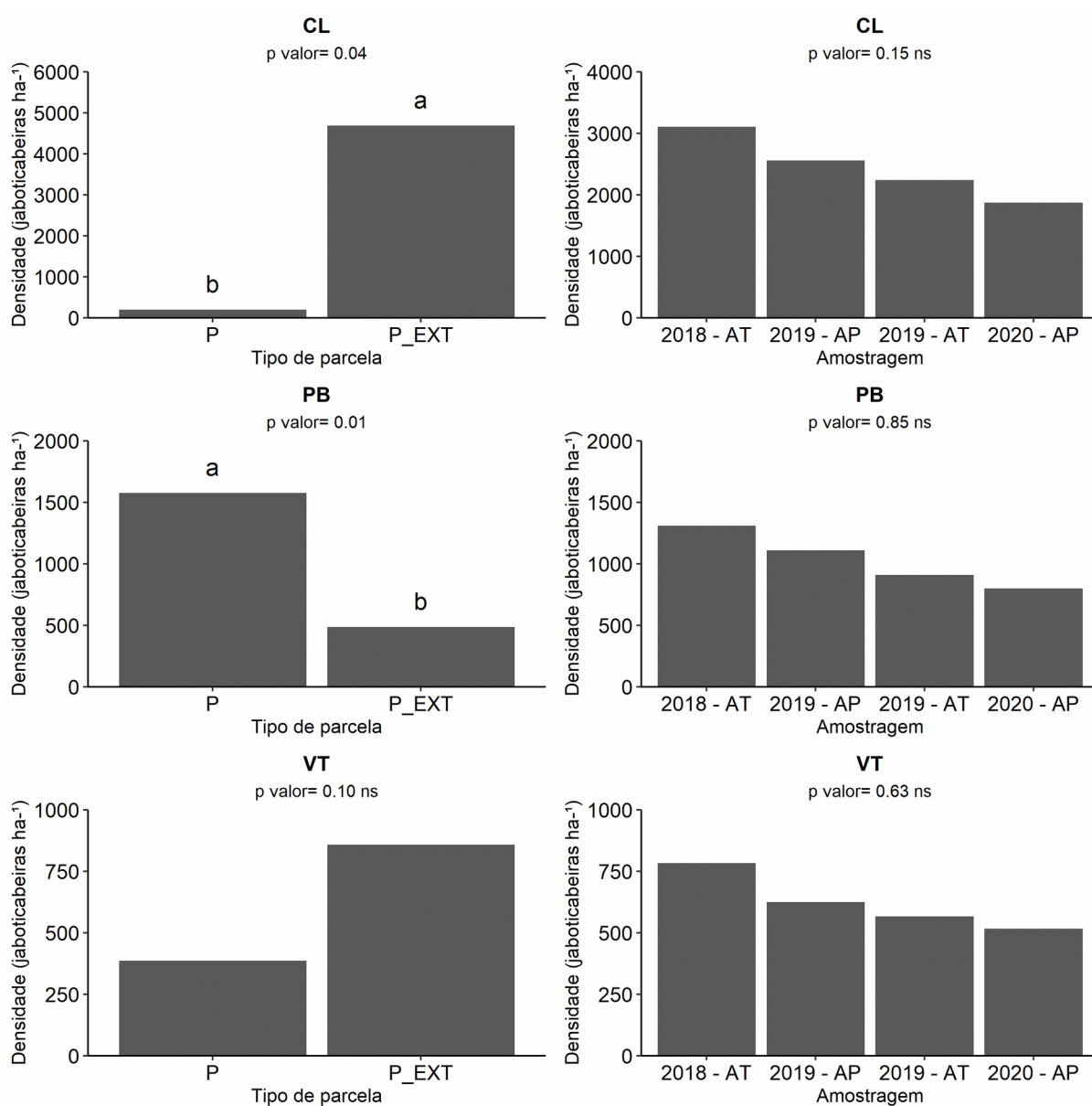


Fonte: O Autor, (2020).

A densidade média de indivíduos foi de 3.071 jaboticabeiras ha<sup>-1</sup> em CL, 800 jaboticabeiras ha<sup>-1</sup> em PB e 775 jaboticabeiras ha<sup>-1</sup> em VT. A análise de variância indicou que não houve interação entre os tipos de parcela e a época de amostragem, para a variável densidade de jaboticabeiras ha<sup>-1</sup>, apesar de terem sido observadas diferenças para o tipo de parcela. Em CL a maior densidade foi encontrada nas parcelas com colheita extrativista, enquanto em PB observou-se maior densidade nas parcelas que apresentavam distância das matrizes de jaboticabeira (Figura 26). A época de amostragem (antes e após colheita extrativista) não influenciou na densidade de indivíduos nos locais de estudo (Figura 26).

Para a variável porcentagem de jaboticabeiras mortas não houve interação entre tipos de parcela e a época de amostragem. Os fatores foram analisados separadamente, e obteve-se diferença significativa em CL com maior porcentagem de mortalidade em parcelas com colheita extrativista, uma vez que nas parcelas sem colheita extrativista não houve jaboticabeiras mortas. Em PB e VT não houve diferença entre os tipos de parcela (Figura 27). Nos três locais de estudos a porcentagem de mortalidade não foi influenciada pela época de amostragem (Figura 27).

**Figura 26** – Densidade de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) por hectare de acordo com o tipo de parcela e época de amostragem em Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

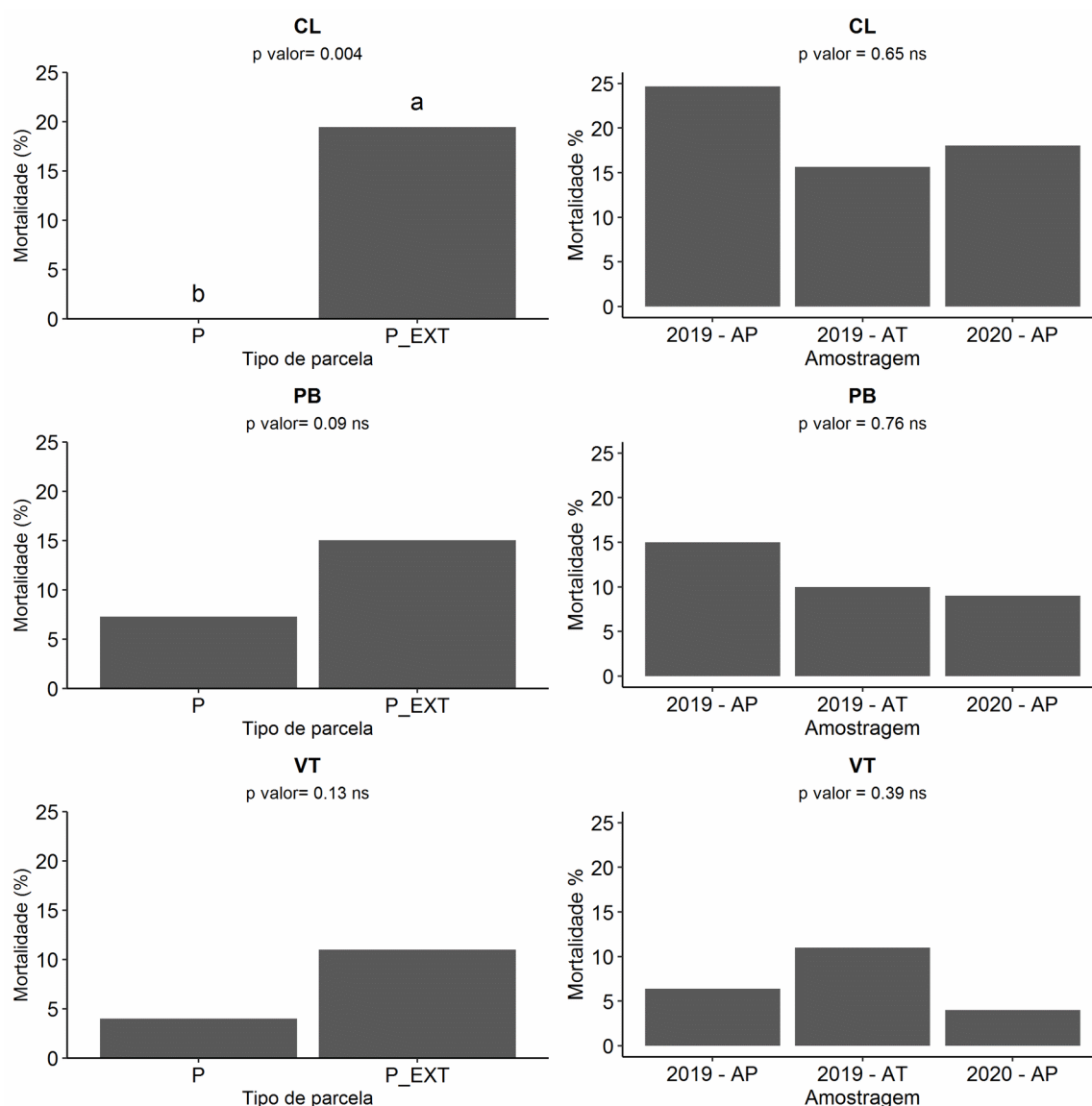


P\_EXT= parcelas com colheita extrativista. P= parcelas com distância das matrizes de jaboticabeira. AT= antes da colheita extrativista. AP= após colheita extrativista. Letras distintas indicam diferença entre médias, pelo teste de Scott - Knott ( $p < 0,01$ ). ns: indica que não houve diferença pelo teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância.

Fonte: O Autor (2020).



**Figura 27** – Porcentagem de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) mortas de acordo com o tipo de parcela e época de amostragem, nos jaboticabais de Clevelândia (CL), Pato Branco (PB) e Vitorino (VT), Paraná Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



P\_EXT= parcelas com colheita extrativista. P= parcelas com distância das matrizes de jaboticabeira. AT= antes da colheita extrativista. AP= após colheita extrativista. Letras distintas indicam diferença entre médias, pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,01$ ). ns: indica que não houve diferença pelo teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância.

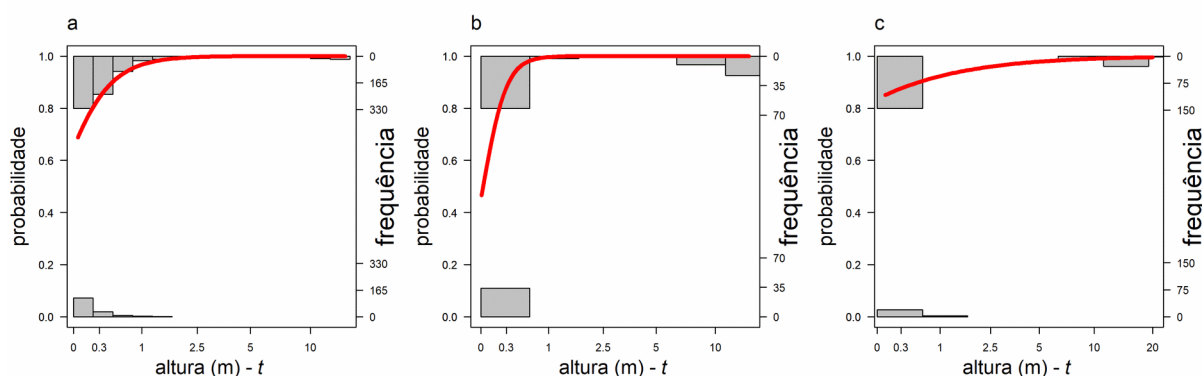
Fonte: O Autor, (2020).

A taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) para o intervalo total de coletas, indicou que os três jaboticabais estudados possuem populações estáveis e com pouco crescimento. Os valores de  $\lambda$  foram de 0,97 (0,96 – 1,00) em CL, 1,00 (0,99 – 1,01) em PB e 1,00 (0,95 – 1,00) em VT.

A probabilidade de sobrevivência de jaboticabeiras é menor nos três locais de estudo para os menores indivíduos, e aumenta nos indivíduos maiores. Em

CL a sobrevivência dos indivíduos menores que 0,3 metro foi de ~70%, e para indivíduos maiores que 1 m foi de quase 100% (Figura 28 a). Em PB a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos menores que 0,3 m foi de ~50%, enquanto os indivíduos maiores podem apresentar ~100% de sobrevivência (Figura 28 b). Em VT jaboticabeiras menores que 0,3 m apresentaram sobrevivência de ~ 80%, e as maiores que 5 m podem apresentar sobrevivência ~ 100% (Figura 28 c).

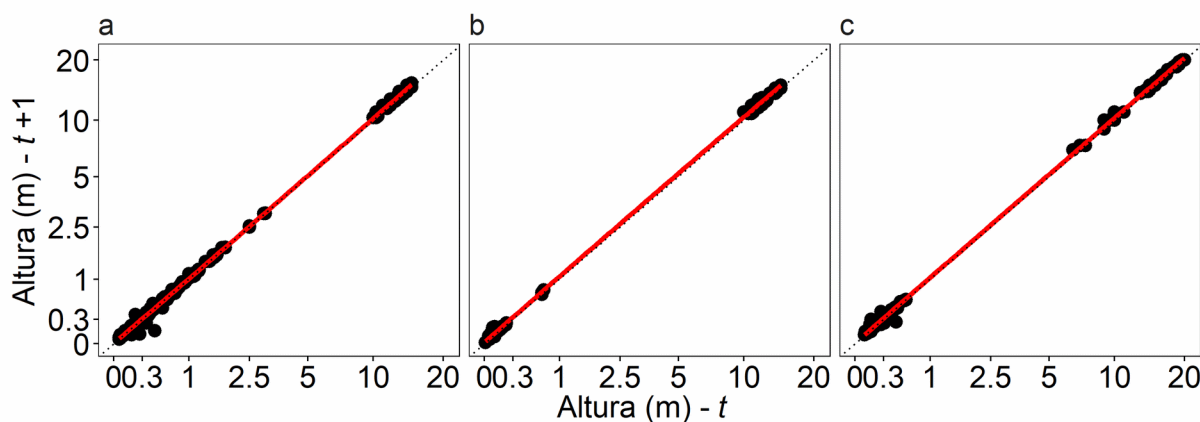
**Figura 28** – Probabilidade de sobrevivência de jaboticabeiras (*Plinia* cf. *peruviana*) entre o tempo  $t$  (2018) e  $t+1$  (2020) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



A curva (em vermelho) representa a taxa de sobrevivência dos indivíduos em diferentes alturas. Os histogramas representam a frequência de indivíduos que sobreviveram (superior) e morreram (inferior) em diferentes classes de altura. Fonte: O Autor, (2020).

O crescimento das jaboticabeiras em CL, PB e VT apresentou melhor ajuste com a função quadrática, e foi pouco vigoroso, devido a pouca diferença de crescimento entre os tempos estudados, o que caracteriza o crescimento da espécie como lento. Observou-se nos três locais de estudo lacunas na distribuição da altura das jaboticabeiras. Na população de CL a lacuna encontra-se em 2,5 m e entre ~4 m até 10 m (Figura 29 a), em PB encontra-se entre 0,3 a ~1 m, e a partir de 2,5 m a 10 m (Figura 29 b), enquanto em VT a lacuna encontra-se entre 1 m a 10 m (Figura 29 c).

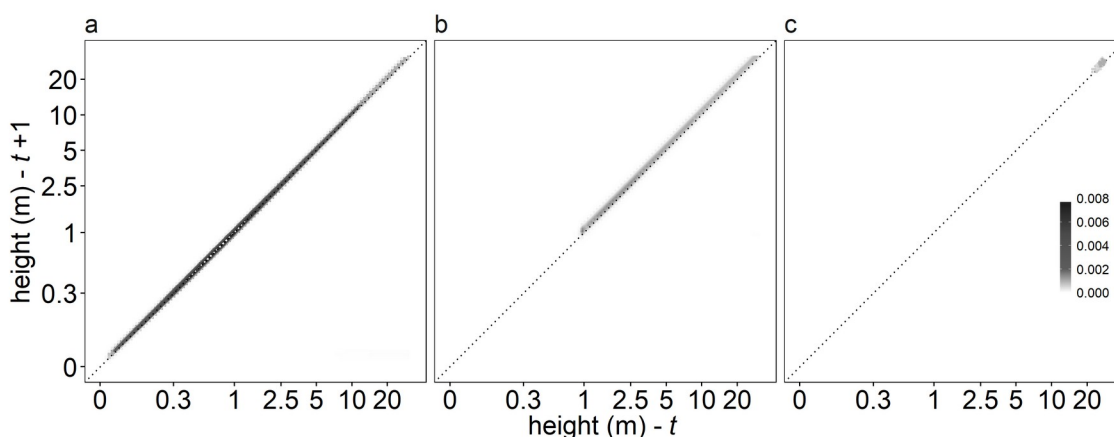
**Figura 29** – Taxa de crescimento em altura de jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) entre o tempo  $t$  (2018) e  $t+1$  (2020) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

A função de elasticidade para jaboticabeiras indicou que todas as populações são sensíveis ao crescimento e/ou sobrevivência. O gradiente de tons em CL ocorre em todas na maioria das classes de tamanho (Figura 30 a), enquanto em PB o gradiente de tons ocorreu acima de 1 m (Figura 30 b) e em VT nas maiores classes de tamanho (Figura 30 c).

**Figura 30** – Elasticidade entre o tempo  $t$  e  $t+1$  em jaboticabeiras (*Plinia cf. peruviana*) em Clevelândia (a), Pato Branco (b) e Vitorino (c), Paraná, Brasil. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.



Fonte: O Autor, (2020).

A análise de variância mostrou que houve interação entre populações e ano de colheita, para o número médio de frutos restante após colheita extrativista. A média do número de frutos não variou entre os anos em CL, enquanto em PB a maior média foi obtida em 2018, a qual foi 67 vezes maior que no ano de 2019. Em

VT a menor média foi obtida em 2018, aproximadamente a metade de frutos dos outros anos (Tabela 7).

**Tabela 7** – Número médio de frutos de jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) remanescentes após colheita extrativista em CL (Clevelândia), PB (Pato Branco) e VT (Vitorino) durante três anos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.

| Ano    | Número de frutos remanescentes |           |           |
|--------|--------------------------------|-----------|-----------|
|        | Locais                         |           |           |
|        | CL                             | PB        | VT        |
| 2017   | 6.406 Ba                       | 3.255 Cb  | 12.394 Aa |
| 2018   | 6.314 Ba                       | 12.301 Aa | 6.897 Bb  |
| 2019   | 6.277 Ba                       | 193 Cc    | 11.813 Aa |
| CV (%) | 38,7                           |           |           |

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem.

Fonte: O Autor, (2020).

A análise mostrou que nas avaliações de 2017 e 2019 VT obteve a maior média de frutos, e PB apresentou a menor média. Em 2018 a maior média foi encontrada em PB e não houve diferença entre a média de frutos em CL e VT (Tabela 7).

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE JABOTICABEIRA

O fotoperíodo e a temperatura foram as principais variáveis preditoras para brotação e botões florais. Além disso, a jaboticabeira apresentou comportamento fenológico sazonal e anual, da brotação e das fenofases reprodutivas nos três locais estudados. Desta forma, reforça-se a hipótese que a principal fase de renovação foliar e de floração ocorre no final do inverno e início de primavera, porém o fato de não ter sido observado outros fluxos de crescimento e frutificação nos anos observados, não nos permite generalizar que não ocorra, pois empiricamente sabe-se que em alguns anos há a ocorrência de mais de um período de frutificação e de fluxos de crescimento.

Estudo realizado com diferentes genótipos de jaboticabeira mostrou que, de uma maneira geral, a espécie apresentou surtos de crescimento de brotações primárias concentrados nas época com temperaturas médias mais elevadas. Além disso, neste mesmo trabalho a autora observou que os genótipos “Klein 3” apresentaram duas frutificações durante o ciclo de avaliação (2014/2015) (RADAELLI, 2016). Mattos (1983) também descreve a jaboticabeira como espécie que apresenta mais de uma frutificação por ano.

O comportamento sazonal é comumente encontrado em espécies da família Myrtaceae, podendo ser regulado pela disponibilidade hídrica em áreas que apresentem déficit hídrico (VOGADO et al., 2016), ou pela variação no fotoperíodo (MARQUES et al., 2004b), dependendo da localização geográfica da espécie. A maioria das fenofases estudadas, foram classificadas como anuais (NEWSTROM, FRANKIE e BAKER, 1994) e apresentaram alta frequência de indivíduos manifestando as fenofases no mesmo período. O sincronismo observado entre as jaboticabeiras pode ser interpretado como estratégia para melhorar a atração de animais polinizadores e dispersores de sementes (VOGADO et al., 2016), pois em regiões onde não há déficit hídrico como nas áreas do presente estudo, as fenofases tendem a ser mais contínuas e irregulares (MÜLLER et al., 2019).

A brotação foliar foi sazonal, e coincidiu em todos os anos monitorados com o início das fenofases reprodutivas, botão floral ou antese. A indução da

brotação foliar e do florescimento é regulado por diversos fatores, como o balanço de hormônios vegetais (GUAN et al., 2019) ou algum estresse ambiental (FOX et al., 1976). Em locais onde não há estresse hídrico, é comum a ocorrência simultânea entre renovação foliar e fenofases reprodutivas (MARQUES et al., 2004b; MÜLLER; SCHIMIT, 2018), e poderá estar relacionado a quantidade de umidade no solo (KIKIM; YADAVA, 2001). Nestes casos se há reserva suficiente de água no solo, as plantas podem evitar a competição entre os processos fisiológicos (MURALI; SUKUMAR, 1994). A ocorrência simultânea de brotação foliar e fenofases reprodutivas, também pode estar relacionado a espécie apresentar ramos mistos, compostos por dois tipos de brotações, as que darão origem as folhas novas e as que darão origem aos botões florais. Neste caso, uma proporção uniforme entre auxinas, citocinina e giberelinas resulta na formação de novas folhas e inflorescências ao mesmo tempo (DEVENPORT, 2000).

Nossos resultados mostraram que tanto a intensidade, quanto a duração dos botões florais e antese são maiores que a frutificação da espécie, indicando que muitas estruturas florais podem não completar seu ciclo. O inverno no sul do Brasil é caracterizado por apresentar grande amplitude térmica (ANZANELLO et al., 2014) e o estresse pelo excesso de calor ou frio, durante os estágios reprodutivos de plantas, traz impactos negativos como formação anormal de gametas, diminuição da viabilidade do pólen até queda das estruturas (BAHUGUNA; JAGADISH, 2014). Algumas observações in loco, mostraram que a queda de frutos verdes coincidiu com a diminuição da temperatura média entre as semanas, variando de 22 °C para 15 °C em CL.

Para espécies localizadas em Floresta Ombrófila Mista (MARQUES et al., 2004b; MÜLLER et al., 2019), bem como, espécies de Myrtaceae (STAGGEMEIER et al., 2015) os principais fatores ambientais que regulam a fenologia são a temperatura e fotoperíodo. Assim, os principais preditores das fenofases das jaboticabeiras foram os mesmos descritos por STAGGEMEIER et al. (2015) uma vez que o fotoperíodo e a temperatura, apresentaram valores significativos com os dados semanais de avaliação. A ausência do estresse hídrico possibilita que a temperatura e o fotoperíodo atuem como reguladores fenológicos (MENDOZA et al., 2017). O fotoperíodo é um indicador para determinar a época do ano, e, desta forma, os eventos fenológicos poderão coincidir com condições

ambientais ideais, como a temperatura (JACKSON, 2009). A associação negativa com fotoperíodo e temperatura média, nos locais de estudo para botões florais está relacionada com a ocorrência das fenofases no inverno.

O jaboticabal de Clevelândia apresentou maior duração no ciclo de formação dos frutos, devido ao atraso de 25 dias nas fenofases reprodutivas. Em Clevelândia observou-se as menores médias de temperatura, além de estar localizado na maior altitude quando comparado a Pato Branco e Vitorino. A temperatura é a provável causa que altera a época e intensidade de ocorrência das fenofases (KÖRNER; BASLER, 2010), sendo responsável pelo progresso visível de cada fenofase (BORCHERT et al., 2015). Em condições de temperaturas mais altas há aumento do acesso ao gene promotor do florescimento, enquanto sob temperaturas mais baixas há diminuição das atividades enzimáticas e atraso no florescimento (BAHUGUNA; JAGADISH, 2014). Além disso, já foi observado a influência do aumento da altitude nas mudanças de padrões de florescimento, principalmente, atraso no início da floração (BUCHER; RÖMERMANN, 2020).

Embora não sejam comuns épocas de déficit hídrico na região de estudo (ALVARES et al., 2013), em setembro de 2017 houve duas semanas de estiagem (acumulado de 0,4 mm), que ocasionou queda de frutos verdes no jaboticabal de PB. Conseqüentemente, verificou-se diminuição do índice de atividade e intensidade de Fournier de frutos maduros. No mesmo local, em 2019, houve baixa frutificação pelo ataque de um microcoleóptero não identificado e ao longo período de estiagem observado em setembro.

A formação de botões florais em maio de 2017 pode ter relação com a diferença na temperatura do ano em questão, o qual apresentou temperatura mínima de 10 °C e média de 20 °C. Em 2017, a mínima e média para o mês de maio foi de 3 °C e 16 °C, respectivamente, enquanto em 2018, a mínima foi de 4 °C e média de 19 °C. Fato semelhante, foi observado para *Guarea macrophylla*, em que o inverno mais ameno, proporcionou a floração adiantada da espécie (MULLER; SCHIMT, 2018). Em PB, notou-se que queda destes botões florais ocorreu devido a chuvas frequentes durante 12 dias, com o acumulado de precipitação de 100 mm.

Poucos estudos fenológicos com jaboticabeiras foram encontrados na literatura, e foram realizados em plantas cultivadas. Para três espécies de jaboticabeira (*P. cauliflora*, *P. trunciflora* e *P. jaboticaba*), observou-se influência de

baixas temperaturas médias (18 °C) e alta precipitação (547 mm), na duração do ciclo. Neste caso, os autores afirmam que, houve redução da irradiação e atraso no crescimento de frutos (DANNER et al., 2011 a). Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2019), conduzido no estado de São Paulo, mostrou que *P. trunciflora*, apresentou duas florações anuais, porém, com diferenças na intensidade. A floração com maior intensidade, ocorreu em agosto, e os autores associam esse resultado as baixas temperaturas médias e deficit hídrico entre junho e agosto (OLIVEIRA et al., 2019).

Estudos fenológicos são extremamente importantes para o uso, manejo e conservação de recursos genéticos vegetais, pois, são capazes de verificar como condições climáticas ou outros fatores influenciam no ciclo das espécies. A principal aplicação prática é a criação de calendários de coleta de germoplasma. Estudos de polinização, dispersão de sementes e estabelecimento de plântulas, estão diretamente ligados a fenologia das espécies (MORELLATO et al., 2016). Nos casos dos jaboticabais, o conhecimento da duração de cada fenofase será capaz de auxiliar na coleta de material vegetativo e reprodutivo, para uso em pesquisa e na conservação do germoplasma, por meio da coleta de frutos e posterior formação de mudas, bem como ser utilizado pelas comunidades que coletam frutos para comercialização. Como exemplo, através deste trabalho observou-se que época de colheita dos frutos maduros foi de outubro a novembro em CL, setembro a outubro em PB e de setembro a novembro em VT. Além disso, a continuação deste trabalho, poderá auxiliar no entendimento de como a frutificação se relaciona com as mudanças climáticas, e de que forma isso poderá afetar o extrativismo que ocorre nos jaboticabais.

## 5.2 DETERMINAÇÃO DA IDADE E TAXA DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE JABOTICABEIRA

Estudos de crescimento com jaboticabeira em ambiente natural são raros (ORELLANA et al., 2016) e são inexistentes as análises dendrocronológicas, alvo do presente trabalho, para viabilizar a recuperação de séries de crescimento mostrando todas as fases de vida das árvores. O crescimento diamétrico médio das jaboticabeiras variou em 0,10 cm nos diferentes locais de estudo, com menor crescimento médio em Chopinzinho (CH: 0,27 cm ano<sup>-1</sup>) e maior em Pato Branco



(PB:  $0,37 \text{ cm ano}^{-1}$ ). Em CH, PB e Vitorino (VT) não foi observada diferença significativa no crescimento entre as classes de diâmetro, provavelmente por se encontrarem em fase de reestoqueamento. Nesta fase, todos os estratos estão em crescimento e contribuem igualmente na cobertura florestal, ou seja, ainda não existe efeito de dominação de estrato superior (ASSMANN, 1970).

A modelagem de crescimento demonstrou que as jaboticabeiras apresentaram diferentes padrões de crescimento. Em CH e PB existe a tendência de crescimento contínuo e em CL e VT observou-se que as jaboticabeiras já atingiram o ponto de culminação do crescimento em diâmetro. Em CH e PB a vegetação natural do sub-bosque foi removida para que ocorresse o pastejo do gado, e as jaboticabeiras adultas foram preservadas com o intuito de colheita de frutos. Desta forma, a competição das jaboticabeiras por espaço é menor que nos outros dois locais (CL e VT). O crescimento diamétrico de árvores individuais é afetado positivamente com a diminuição da densidade dos indivíduos (POAGE, 2002; FIGUEIREDO FILHO et al., 2008), devido ao aumento do espaço vital (ASSMANN, 1970; SANTOS et al., 2015).

Observamos que as jaboticabeiras em CL não atingirão diâmetros maiores que 40 cm, diferentemente do observado nos outros locais, indicando que pode haver um fator de restrição no crescimento das jaboticabeiras neste local. A distinção no crescimento das jaboticabeiras pode estar relacionado às diferenças na temperatura e altitude entre os locais. CL apresenta clima do tipo Cfb (ALVARES et al., 2013) com invernos rigorosos e localiza-se na maior altitude, comparado aos outros locais de estudo. O jaboticabal de PB encontra-se na menor altitude e com a menor densidade de jaboticabeiras adultas, o que poderia explicar o maior crescimento diamétrico das jaboticabeiras neste local. Altas altitudes e, conseqüentemente, redução da temperatura, podem restringir o crescimento das angiospermas (SAWADA et al., 2016), uma vez que as baixas temperaturas diminuem a divisão celular (NABESHIMA et al., 2010). Por outro lado, o aumento da temperatura afeta positivamente o incremento diamétrico (KANIESKI et al., 2013), devido ao crescimento da atividade cambial e do tamanho das células (OLIVEIRA et al., 2009).

A variabilidade genética também pode resultar em padrões de crescimento distintos (MATTOS et al., 2015). Nos jaboticabais estudados, pelas

características fenotípicas dos frutos, observou-se o agrupamento das jaboticabeiras de acordo com os locais de ocorrência. Isso demonstra que os genótipos são influenciados por características edafoclimáticas distintas entre os locais para expressar diferenças fenotípicas (DANNER et al., 2011 c).

Foram detectadas medulas duplas na maioria (66%) das jaboticabeiras amostradas, o que é um fato ainda não documentado em espécies do gênero *Plinia*. Acredita-se que a medula dupla seja originada pela união de duas plântulas de jaboticabeira, através de um mecanismo similar ao da enxertia por encostia. Isso poderia ocorrer devido à deposição de muitas sementes em um mesmo local ou ainda pela origem de plântulas da mesma semente, uma vez que a jaboticabeira possui sementes poliembriônicas (DANNER et al., 2011 b). Além disso, pela característica recalcitrante da semente de jaboticabeira (VALIO; FERREIRA, 1992) há a formação de bancos de plântulas, condição que normalmente gera distribuição espacial agregada (PAMMENTER; BERJAK, 2000).

Inicialmente, quando observou-se a presença de troncos fundidos, acreditava-se que as jaboticabeiras com medula dupla, encontradas no presente trabalho pudessem apresentar menor incremento devido à competição entre as árvores com os troncos fundidos. Entretanto, esse efeito não foi confirmado, uma vez que não houve padrão de menor crescimento das jaboticabeiras com medula dupla, quando comparadas àquelas com medula única. Além disso, também não houve menor crescimento das jaboticabeiras nos dois locais com maior taxa de medulas duplas (CL e CH), em relação aos outros dois locais (PB e VT). Entretanto, essa característica deve ser considerada na análise de dados, para evitar superestimativas da idade da jaboticabeira. Devido aos troncos fundidos, estas jaboticabeiras apresentam diâmetro equivalente à duas árvores e a idade seria estimada em aproximadamente o dobro da idade real, o que poderia gerar interpretação errônea da estrutura populacional e etária. Essa característica deve ser considerada nos inventários florestais, pois é possível inferir a presença de troncos duplos visualmente em campo.

Algumas outras espécies lenhosas apresentam o mecanismo de fusão entre caules. Isto foi observado em *Pinus flexilis*, devido à forma de dispersão agrupada das sementes (SCHUSTER; MITTON, 1991). A fusão de troncos via enxertia de raiz em *Pinus* foi descrita como uma interação não competitiva, devido à

possibilidade de translocação de água e nutrientes entres os caules. Além disso, observou-se que árvores definidas como mais fracas se beneficiaram da formação dos enxertos, como estratégia de garantir a sobrevivência das plântulas (BORMANN, 1966). Espécies do gênero *Ficus* e *Salix* também podem fundir o caule naturalmente, quando crescem muito próximas e encontram-se em locais úmidos (MUDGE et al., 2009). Em *Hedera helix* houve fusão entre caules que cresceram lado a lado. A união ocorreu por meio de uma faixa de tecido que conectou o cortéx e o tecido vascular. A ativação das células cambiais e do felogênio foram responsáveis pela conexão entre caules e o desenvolvimento dos tecidos ocorreu de forma que os anéis de crescimento fossem formados em ambos os caules (MILLNER, 1932).

As séries cronológicas de algumas árvores atingiram períodos superiores a 120 anos em CH, PB e VT. Por se tratar de locais com alta densidade de jaboticabeiras (> 20 árvores ha<sup>-1</sup>), isso pode ser um indicativo de intervenção antropogênica no estabelecimento dessas populações no passado. As jaboticabeiras centenárias teriam se estabelecido a partir da década de 1890, época compatível com a trajetória feita pela população indígena Kaingang do Paraná para o oeste de Santa Catarina e para o Rio Grande do Sul, passando e se instalando temporariamente no Sudoeste do Paraná (WACHOWICZ, 1982). Por sua vez, o jaboticabal em CL apresentou jaboticabeiras com idade máxima inferior a 80 anos, e seu estabelecimento pode ter ocorrido por intervenções de outros grupos humanos, os caboclos que habitavam a região entre 1920 a 1950 (FLORES, 2009).

A ação humana foi associada como responsável pela extensão de ocorrência de 41% das espécies frutíferas silvestres e 71% de espécies frutíferas comerciais na América Latina (VAN ZONNEVELD et al., 2018). A influência de populações indígenas na extensão da distribuição de espécies com frutos ou sementes comestíveis na Amazônia também já foi demonstrada (LEVIS et al., 2017), semelhante ao que ocorreu com a espécie *Araucaria angustifolia*, que possui sementes comestíveis, no Sul e Sudeste do Brasil (ROBINSON et al., 2018). Inclusive, em estudo dos anéis de crescimento de castanheira (*Bertholletia excelsa*), verificou-se a diminuição no recrutamento da espécie em meados do século XVIII, que coincide com a interrupção das práticas de manejo indígena nos castanhais (ANDRADE et al., 2019).

A equação geral ajustada com os dados de todos os jaboticabais, pelo modelo Monomolecular, apresentou o coeficiente de determinação com bom ajuste ( $R^2 > 0,70$ ), apesar de inferior aos modelos ajustados por local. Uma vez que estudos que visem a modelagem de crescimento de jaboticabeiras necessitam da infraestrutura laboratorial, a equação geral descrita nesse trabalho poderá ser utilizada para estimativa do crescimento da espécie em jaboticabais que não apresentam equação específica desenvolvida. Mas, é necessário ressaltar que a predição de uma única equação baseado em dados de árvores com diferentes históricos de manejo tende a subestimar o crescimento em diâmetro, conforme verificado para árvores de *Acer saccharum* oriundas de diferentes regiões (KIERNAN et al., 2008). Isto reforça a importância de se desenvolver modelos de crescimento por local, para a compreensão dos efeitos ambientais e antrópicos na dinâmica de crescimento, e para o planejamento do uso e conservação dessas espécies.

O presente estudo fornece dados iniciais sobre o crescimento de jaboticabeiras em áreas florestais denominadas jaboticabais, as quais possuem características únicas e são utilizadas para o manejo não madeireiro da espécie. Entender as características de crescimento da jaboticabeira auxiliará em planos de manejo que visem ações sustentáveis, e deverão levar em consideração o crescimento lento da espécie a fim de garantir a regeneração e recrutamento entre classes diamétricas. Além disso, jaboticabeiras com medula dupla poderão modificar a interpretação da distribuição diamétrica ou superestimar o crescimento, sendo necessário a identificação desta característica em medições a campo. A possibilidade desses jaboticabais terem origem antropogênica, em função da nossa detecção da época de estabelecimento, abre oportunidades para mais estudos que possam confirmar esse fato.

### 5.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DE REGENERAÇÃO DE JABOTICABEIRA

A distribuição diamétrica mostrou padrão do tipo J-invertido, com maior quantidade de indivíduos nas menores classes de tamanho. A distribuição diamétrica seguindo o padrão J-invertido também foi observado em outro estudo populacional

em jaboticabal localizado na região Sudoeste do Paraná (PALADINI, 2016). Entretanto, foram observadas lacunas, indicando ausência de jaboticabeiras em diâmetros intermediários. Lacunas entre tamanhos intermediários também foram observados nas classes de distribuição em altura obtidos pelo IPM (Integral Projection Model). Em estudos populacionais desenvolvidos em jaboticabais fa região Sudoeste do Paraná, observou-se que a maioria apresentava falha de recrutamento entre classes diamétricas (MOURA, 2017). Esses resultados podem indicar severos distúrbios no passado (VLAM et al., 2014).

As jaboticabeiras regenerantes crescem dentro de um sistema de colheita extrativista de frutos, além de intervenções antrópicas extras, como a roçada da vegetação na época da colheita e o pastejo do gado bovino. Os dados obtidos em no item 5.2 “Determinação da idade e taxa de crescimento diamétrico”, mostraram que para as jaboticabeiras atingirem o centro de classe de 2,5 cm a 1,30 m do solo, demorariam aproximadamente 13 anos. Ações antrópicas podem ser responsáveis por modificarem a estrutura populacional, promovendo a ausência de recrutamento entre classes (NAZARENO; REIS, 2014; DALLABRIDA et al., 2017), a diminuição da regeneração da espécie (PERES et al., 2003), ou a modificação no padrão J-invertido (SYAMPUNGANI et al., 2016). A constante atuação das pressões antrópicas e o tempo de passagem lento entre classes diamétricas, parecem ser os principais fatores a interferir na regeneração da espécie.

De uma maneira geral, a densidade de jaboticabeiras é alta nos três locais de estudo, com alta concentração de indivíduos nas menores classes diamétricas, classes as quais apresentam a menor porcentagem de sobrevivência. Não foi possível observar diferença na densidade entre os intervalos de colheita extrativista, podendo ser um indicativo de que esse fator não está afetando negativamente as populações. Alguns exemplos mostram que a colheita extrativista de frutos, muitas vezes não interfere nos níveis de regeneração das espécies, como em castanheira (SCOLES; GRIBEL, 2012) e andiroba (LONDRES et al., 2017). A presença de sementes é essencial para a regeneração de espécies, e a abundância de plântulas sendo altamente relacionada ao número de indivíduos fornecedores de sementes (DARRIGO; SANTOS, 2016; CAMPOS et al., 2017). Nos jaboticabais, a densidade de indivíduos adultos é alta (DANNER et al., 2010), e pode-se inferir que a quantidade de frutos remanescentes, observadas após colheita extrativista é

suficiente para criação do banco de plântulas e início da regeneração da espécie. A alta quantidade de frutos também pode ser efeito da diminuição de animais dispersores, como relatado por Zuidema e Boot (2002) em castanhais na região Amazônica. Nestes locais, a caça da cotia interferiu na forma como o dispersor manuseou as castanhas, e a dispersão diminuiu conforme aumentou a oferta de sementes.

Em VT não houve efeito significativo da densidade entre as parcelas, o que pode ser indicativo de que nos jaboticabais a dispersão de sementes não é limitada (HUBBELL, 1980). Os principais agentes dispersores de sementes de jaboticabeira são aves e macacos (GRESSLER et al., 2006). Entretanto vale ressaltar que nos jaboticabais a antropocoria é presente auxiliando na dispersão de sementes para locais mais distantes. A possível dispersão pelos coletores de frutos também foi relatada em castanhais na região Amazônica. Como há o transporte das castanhas pela floresta, de forma não intencional, os coletores podem soltar as sementes (ZUIDEMA; BOOT, 2002). Em PB houve diferença na densidade entre parcelas, com maior densidade naquelas afastadas de jaboticabeiras matrizes. Neste caso, acredita-se que esse comportamento pode estar relacionado a pressão do pastejo do gado. Desta forma, a dispersão das sementes para locais sem pastejo aumenta as chances de estabelecimento de plântulas. O pisoteio pelo gado é conhecido por danificar plantas menores, sendo prejudicial para espécies do sub-bosque (PEREIRA et al., 2015).

Observou-se que a porcentagem de mortalidade não foi afetada pelos intervalos de colheita extrativista, e apenas em CL obteve-se maior mortalidade em parcelas com ação de colheita extrativista. Além disso, os resultados do IPM mostraram que em todas as populações, jaboticabeiras < 0,3 m de altura possuem as menores chances de sobrevivência, e que essa atinge valores ~100% para indivíduos maiores que 1 m. Acredita-se que aliado as ações extrativistas, a mortalidade dos menores indivíduos também possa estar relacionada a fatores ligados ao processo de NDD (negative density dependence), devido a alta densidade de jaboticabeiras. Esse processo indica a competição, herbívora e ataque por inimigos naturais como os principais fatores reguladores da população em florestas tropicais devido a alta densidade de indivíduos (BARRET; ODUM, 2007).

Os jaboticabais apresentaram taxas finitas de crescimento ( $\lambda$ ) < que 1 (um), indicando que são populações estáveis (TANAKA et al., 2008; BIANCHINI et al., 2013). O crescimento populacional está diretamente relacionado as taxas individuais de natalidade, mortalidade e fecundidade (EASTERLING et al., 2000). No caso dos jaboticabais, a estabilidade da população está aliada a baixa entrada de indivíduos e o crescimento lento, que parece ser característico da espécie. Com relação a elasticidade, dentro desta análise é difícil separar o efeito dessas variáveis, entretanto considerando-se que a jaboticabeira tem pouca variação de crescimento, a provável causa da elasticidade seria a sobrevivência. Isso indica que alterações no número de indivíduos podem ter impactos no  $\lambda$ , nestes casos ações de conservação da espécie devem ser focadas em estratégias de sobrevivência dos indivíduos (BRUNA et al., 2009).

## 5 CONCLUSÕES

1. As fenofases vegetativas e reprodutivas da jaboticabeira (*Plinia cf. peruviana*) apresentaram padrão anual, durante o período de estudo. A renovação foliar (brotação) ocorre associada as fenofases botão floral e antese. A duração total do ciclo foi diferente entre os locais de estudo, sendo mais longo em Clevelândia. Temperatura média, máxima e fotoperíodo foram as melhores variáveis preditoras para folha jovem e botão floral.

2. A jaboticabeira apresenta crescimento lento ( $\sim 0,3 \text{ cm ano}^{-1}$ ). As jaboticabeiras em Clevelândia diferenciaram-se daquelas dos demais locais estudados. O modelo de crescimento mostra que as árvores dificilmente atingirão diâmetros maiores que 30 cm, com idade  $< 78$  anos, indicando que as condições ambientais do local podem ser limítrofes para o crescimento de jaboticabeiras. Os outros locais apresentaram idades  $> 100$  anos, correspondendo a época de ocupação da região Sudoeste do PR por populações tradicionais, as quais podem ter atuado na dispersão e aumento da densidade da espécie, gerando os jaboticabais.

3. O crescimento populacional de Clevelândia, Pato Branco e Vitorino são estáveis. A colheita extrativista dos frutos parece não ser o principal fator que influencia na regeneração da espécie. O corte da regeneração para limpeza da área durante a colheita e o pastejo do gado parecem ser as principais causas das lacunas nos indivíduos intermediários de jaboticabeira, representando um risco no futuro para dinâmica de crescimento desses locais. Além disso, a maior probabilidade de mortalidade ocorre nos indivíduos menores ( $< 0,3 \text{ m}$ ), e para desenvolver ações de conservação e manejo efetivas, deve-se priorizar a sobrevivência da espécie.

4. A quantidade de frutos remanescentes após a colheita extrativista de maneira geral é alta em Clevelândia, Pato Branco e Vitorino, podendo ser considerada suficiente para regeneração da espécie.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os jaboticabais na região Sudoeste do Paraná são uma formação florestal única, devido à alta densidade da espécie. Nas últimas décadas, essas florestas cumprem funções socioeconômicas, pois a colheita extrativista das jaboticabas é realizada pelas famílias detentoras das terras, ou por meio de acordo entre o proprietário e os coletores. A venda dos frutos é realizada, normalmente, nas rodovias da região Sudoeste do Paraná, gerando renda extra para as famílias. Considerando também a importância ecológica da espécie como fonte de alimentos para aves e mamíferos, deve-se incentivar metodologias de conservação pelo uso da espécie. Para considerar a exploração não madeireira sustentável, estudos focados na dinâmica de crescimento da espécie devem ser realizados, a fim de verificar os efeitos da exploração em longo prazo, e definir critérios técnicos para essa atividade.

A fenologia é uma ferramenta indispensável para o profissional que trabalhará com manejo sustentável de fruteiras, pois o seu acompanhamento poderá ser empregados na construção de um calendário de coleta. Em estudos mais longos, também permite observar como as mudanças climáticas interferirão nas fenofases. Considera-se essencial a continuidade do trabalho de fenologia, uma vez que o comportamento da espécie pode variar ao longo dos anos, em função das alterações ambientais.

Observou-se que há alta quantidade de frutos remanescentes após a colheita extrativista, bem como alta densidade de indivíduos nas menores classes de tamanho. Porém, o principal problema detectado são as lacunas de indivíduos intermediários. Isso parece ter ocorrido, principalmente, em função de ações antrópicas, em associação com o crescimento lento da espécie, que resulta em um longo tempo de passagem entre classes diamétricas (~15 anos). Também foi verificado que a sobrevivência é um ponto crítico para a conservação da jaboticabeira, pois os indivíduos jovens são os mais propensos a mortalidade.

Como medida para o manejo dos jaboticabais, direcionado ao uso sustentável da espécie, recomenda-se disciplinar as ações antrópicas nas populações, a fim de auxiliar a regeneração da jaboticabeira. É necessário a exclusão da limpeza da área antes da colheita e a diminuição do pastejo do gado.

Possivelmente, medidas que restrinjam o corte dos indivíduos regenerantes podem ser facilmente aceitas pelos proprietários dos jaboticabais. Entretanto a retirada do gado deverá ter resistência, já que é uma fonte de renda. Associada a essas ações de manejo, protocolos para colheita de frutos de baixo impacto devem ser desenvolvidos e amplamente divulgados, para garantir a manutenção da atividade como fonte de renda da população, e a sobrevivência dos indivíduos menores.

Outra opção de manejo, para diminuir as lacunas entre as classes de tamanho, seria proporcionar o enriquecimento dos jaboticabais através da produção de mudas e posterior plantio com altura  $> 0,3$  m, em baixa densidade, o que poderia garantir maior sobrevivência. Além disso, recomenda-se realizar mais avaliações nas parcelas referentes a regeneração, com o intuito de verificar a dinâmica destes indivíduos em um prazo maior, e partir disto, poder concluir com mais precisão a influência da colheita dos frutos na população regenerante. Também recomenda-se ampliar para outros jaboticabais o estudo de crescimento a partir da dendrocronologia, a fim de verificar o comportamento de crescimento da espécie em outros locais.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Jadson Coelho et al. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em floresta de várzea do estuário amazônico. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 1009-1019, 2014.
- ADDO-FORDJOUR, P. et al. Floristic composition, structure and natural regeneration in a moist semi-deciduous forest following anthropogenic disturbances and plant invasion. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 1, n. 2, p. 021-037, 2009.
- AGRITEMPO. Sistema de monitoramento agrometeorológico. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, Victor C. L. et al. Growth rings of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) as a living record of historical human disturbance in Central Amazonia. **PLoS one**, v. 14, n. 4, p. e0214128, 2019.
- ANTHELME, Fabien et al. How anthropogenic disturbances affect the resilience of a keystone palm tree in the threatened Andean cloud forest?. **Biological Conservation**, v. 144, n. 3, p. 1059-1067, 2011.
- ANZANELLO, Rafael et al. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 457-464, 2014.
- ASSMANN, Ernst. **The principles of forest yield study**. Pergamon Press, Oxford, 1970.
- AUGSPURGER, Carol K. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. **Ecology**, v. 65, n. 6, p. 1705-1712, 1984.
- BAHUGUNA, Rajeev N.; JAGADISH, Krishna SV. Temperature regulation of plant phenological development. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, p. 83-90, 2015.
- BALÉE, William. Sobre a indigeneidade das paisagens. **Revista de Arqueologia**, v. 21, n. 2, p. 9-23, 2008.
- BALÉE, William. Contingent diversity on anthropic landscapes. **Diversity**, v. 2, n. 2, p. 163-181, 2010.
- BALÉE, William. Cultural forests of the Amazon: a historical ecology of people and their landscapes. **University of Alabama Press**, 2013.
- BALÉE, William; CAMPBELL, David G. Evidence for the successional status of liana forest (Xingu river basin, Amazonian Brazil). **Biotropica**, p. 36-47, 1990.
- BALÉE, William; ERICKSON, Clark. Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands. **Columbia University Press**, 2006.

BARRET, Gary W.; ODUM, Eugene P. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo, 2007.

BECKMAN, Noelle G.; ROGERS, Haldre S. Consequences of seed dispersal for plant recruitment in tropical forests: interactions within the seedscape. **Biotropica**, v. 45, n. 6, p. 666-681, 2013.

BENCKE, CINARA SC; MORELLATO, L. PATRÍCIA C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002 a.

BENCKE, CINARA SC; MORELLATO, L. PATRÍCIA C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 2, p. 237-248, 2002 b.

BIANCHINI, Edmilson et al. Demography and structures population of *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) in flooded areas in Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. 1, p. 69-79, 2013.

BITENCOURT, Ana Luisa Vietti; KRAUSPENHAR, Patricia Maria. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 1, p. 109-116, 2006.

BORCHERT, Rolf et al. Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. **New Phytologist**, v. 205, n. 1, p. 7-13, 2015.

BORMANN, F. H. The structure, function, and ecological significance of root grafts in *Pinus strobus* L. **Ecological Monographs**, v. 36, n. 1, p. 2-26, 1966.

BRIENEN, Roel J.; ZUIDEMA Pieter A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, v. 146, p. 1-12, 2005.

BRIENEN, Roel JW; ZUIDEMA, Pieter A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, p. 481-493, 2006.

BRIENEN, Roel JW; ZUIDEMA, Pieter A.; DURING, Heinjo J. Autocorrelated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. **Forest Ecology and Management**, v. 237, n. 1-3, p. 179-190, 2006.

BRUNA, Emilio M. et al. Effects of mutualist partner identity on plant demography. **Ecology**, v. 95, p. 3237-3243, 2014.

BUCHER, Solveig Franziska; RÖMERMANN, Christine. Flowering patterns change along elevational gradients and relate to life-history strategies in 29 herbaceous species. **Alpine Botany**, p. 1-18, 2020.

BUSH, Mark B. et al. Anthropogenic influence on Amazonian forests in pre-history: an ecological perspective. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 12, p. 2277-2288, 2015.

- CAMARERO, J. Julio et al. Past growth suppressions as proxies of fire incidence in relict Mediterranean black pine forests. **Forest Ecology and Management**, v. 413, p. 9-20, 2018.
- CAMPOS, Juliana Loureiro Almeida et al. Population structure and fruit availability of the babassu palm (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) in human-dominated landscapes of the Northeast Region of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 2, p. 267-275, 2017.
- CANETTI, Aline et al. Retrospective analysis of competition in a forest remnant: A case study of *Podocarpus lambertii* in the Araucaria Forest. **Dendrochronologia**, v. 40, p. 43-49, 2016.
- CAUGHLIN, T. Trevor et al. Loss of animal seed dispersal increases extinction risk in a tropical tree species due to pervasive negative density dependence across life stages. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1798, p. 2014 – 2095, 2015.
- CITADIN, Idemir et al. Qualidade de frutos de jaboticabeira (*Myrciaria cauliflora*) sob influência de duas condições de cultivo: sombreamento natural e pleno sol. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 3, 2005.
- CITADIN, Idemir; DANNER, Moeses Andrigo; SASSO, Simone Aparecida Zolet. Jaboticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 0-0, 2010.
- CLARK, David B.; CLARK, Deborah A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 137, n. 1-3, p. 185-198, 2000.
- CONNELL, Joseph H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science**, v. 199, n. 24, p.1302-1309, 1978.
- DA COSTA, Itayguara Ribeiro; FORNI-MARTINS, Eliana Regina. Chromosome studies in species of *Eugenia*, *Myrciaria* and *Plinia* (Myrtaceae) from south-eastern Brazil. **Australian Journal of Botany**, v. 54, n. 4, p. 409-415, 2006.
- CORADIN, Lidio; SIMINSKI, Alexandre. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região sul. **Ministério do Meio Ambiente**, 2011.
- DALLABRIDA, Juliana Pizutti et al. Tree component demography in an Upper Montane Mixed Ombrophilous Forest under chronic anthropogenic disturbances. **Revista Árvore**, v. 41, n. 3, 2017.
- DANNER, Moeses Andrigo et al. Diagnóstico ecogeográfico da ocorrência de jaboticabeiras nativas no Sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 746-753, 2010.
- DANNER, Moeses Andrigo et al. Germplasm characterization of three jaboticaba tree species. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 839-847, 2011 a.
- DANNER, Moeses Andrigo et al. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246-252, 2011 b.

- DANNER, Moeses Andrigo et al. Genetic dissimilarity among jaboticaba trees native to Southwestern Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 517-525, 2011 c.
- DARRIGO, Maria Rosa; VENTICINQUE, Eduardo Martins; DOS SANTOS, Flavio Antonio Maës. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 360, p. 52-59, 2016.
- DEVENPORT, Thomas L. Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model. **HortTechnology**, v. 10, n. 4, p. 733-739, 2000.
- DE CASTILHO, Carolina V. et al. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 85-96, 2006.
- DUCHESNE, Louis et al. Extracting coherent tree-ring climatic signals across spatial scales from extensive forest inventory data. **PloS One**, v. 12, n. 12, p. e0189444, 2017.
- EASTERLING, Michael R.; ELLNER, Stephen P.; DIXON, Philip M. Size-specific sensitivity: applying a new structured population model. **Ecology**, v. 81, p. 694-708, 2000.
- FAJARDO, Sergio. XXIV Congresso Nacional de Geografia Agrária – Questão Agrária e Práxis Social, 2018., Natal. Anais...Considerações sobre os processos produtivos agrícolas e alguns reflexos ambientais na paisagem rural paranaense. Natal: SINGA, 2018. 11 p.
- FANG, Ouya; ALFARO, René I.; ZHANG, Qi-Bin. Tree rings reveal a major episode of forest mortality in the late 18th century on the Tibetan Plateau. **Global and Planetary Change**, v. 163, p. 44-50, 2018.
- FERREIRA, Eric B. et al. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.
- FIGUEIREDO FILHO, Afonso et al. Seasonal diameter increment for 7 species from an Ombrophyllous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.
- FIGUEIREDO FILHO, Afonso et al. Crescimento e idade de espécies nativas regenerantes sob plantio de *Araucaria angustifolia* no Paraná. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- FLORES, Edson Luiz. Natureza e industrialização no sudoeste do paraná. **Revista Faz Ciência**, v. 11, n. 13, p. 231.
- FONTI, Patrick et al. Tree rings show competition dynamics in abandoned *Castanea sativa* coppices after land-use changes. **Journal of Vegetation Science**, v. 17, n. 1, p. 103-112, 2006.
- FOURNIER, Louis A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423. 1974.

FOURNIER, Luis Alberto; CHARPENTIER-ESQUIVEL, Claudia. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, v. 25, n. 1, p. 45-48, 1975.

FOX, J. E. D. Constraints on the natural regeneration of tropical moist forest. **Forest Ecology and Management**, v. 1, p. 37-65, 1976.

FRITTS, Harold. **Tree rings and climate**. Elsevier, 1976.

GALETTI, Mauro; ALVES-COSTA, Cecilia P.; CAZETTA, Eliana. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation**, v. 111, n. 2, p. 269-273, 2003.

GIACOMINI, Henrique C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 21-543, 2007.

GRESSLER, Eliana; PIZO, Marco A.; MORELLATO, L. Patrícia C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 4, p. 509-530, 2006.

GROENENDIJK, Peter; BONGERS, Frans; ZUIDEMA, Pieter A. Using tree-ring data to improve timber-yield projections for African wet tropical forest tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 396-407, 2017.

GUAN, Yan-ren et al. Effect of exogenous GA3 on flowering quality, endogenous hormones, and hormone-and flowering-associated gene expression in forcing-cultured tree peony (*Paeonia suffruticosa*). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 6, p. 1295-1311, 2019.

GUARINO, E. D. S. G. et al. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.

GUOLLO, Karina. **Biologia floral e reprodutiva de guabijuzeiro, sete-capoteiro e ubajaizeiro**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 120 f. 2019.

HALL, Pamela; BAWA, Kamaljit. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. **Economic Botany**, v. 47, n. 3, p. 234-247, 1993.

HAUER, Margit. As florestas do Paraná: um processo de involução. In: \_\_\_\_\_. **Conflitos e tensões no uso da terra: agricultura familiar e legislação ambiental no Estado do Paraná**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). UFPR, Curitiba, 2010

HIGUCHI, P. et al. Fatores determinantes da regeneração natural em um fragmento de floresta com araucária no planalto catarinense. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 251-259, 2015.

HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bulletin**, v. 43, p. 69-78, 1983.

HOWE, Henry F.; SMALLWOOD, Judith. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982.

HSU, Jeng-Dong et al. *Myrciaria cauliflora* extract improves diabetic nephropathy via suppression of oxidative stress and inflammation in streptozotocin-nicotinamide mice. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 24, n. 4, p. 730-737, 2016.

HUANG, Kechao et al. Sex-specific responses of tree-ring growth to climate in the dioecious tree *Populus cathayana*. **Journal of Plant Ecology**, v. 11, n. 5, p. 771-779, 2018.

HUBBELL, Stephen P. Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. **Oikos**, p. 214-229, 1980.

HUBBELL, Stephen P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. Princenton University Press: New Jersey. 369 p. 2001.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Portaria n. 46, de 26 de março de 2015. Disponível em: [http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form\\_cons\\_ato1.asp?Codigo=2897](http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=2897). Acesso em 28 ago. 2020.

JACKSON, Stephen D. Plant responses to photoperiod. **New Phytologist**, v. 181, n. 3, p. 517-531, 2009.

JAKOVAC, Ana C.C. et al. Age and light effects on seedling growth in two alternative secondary successions in central Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 7, n. 1-2, p. 349-358, 2014.

JANZEN, Daniel H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The America Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501-528, 1970.

JIMÉNEZ, Jorge Andrés Giraldo et al. Dendrocronología en el trópico: aplicaciones actuales y potenciales. **Colombia forestal**, v. 14, n. 1, p. 97-111, 2011.

KANIESKI, Maria Raquel et al. Crescimento diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em remanescente de floresta ombrófila mista aluvial, Paraná. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 197-206, 2013.

KIERNAN, Diane H.; BEVILACQUA, Eddie; NYLAND, Ralph D. Individual-tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 9, p. 1579-1586, 2008.

KIKIM, A.; YADAVA, P. S. Phenology of tree species in subtropical forests of Manipur in north eastern India. **Tropical Ecology**, v. 42, n. 2, p. 269-276, 2001.

KÖRNER, Christian; BASLER, David. Phenology under global warming. **Science**, v. 327, n. 5972, p. 1461-1462, 2010.

KOSERA NETO, Carlos. **Biologia floral e reprodutiva de araçazeiros (*Psidium* sp.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 186 f. 2018.



KOVACH W.L. **Oriana – Circular Statistics for Windows**. Version 4. Kovach Computing Services, Anglesey, 2019.

LANDRUM, Leslie R. *Campomanesia, Pimenta, Blepharocalyx, Legrandia, Acca, Myrrhinium, and Luma* (Myrtaceae). **Flora Neotropica**, v. 45, p. 1-178, 1986.

LEIBOLD, Mathew A.; MCPEEK, Mark A. Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1399-1410, 2006.

LEITE-LEGATTI, Alice Vieira et al. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 596-603, 2012.

LENQUISTE, Sabrina Alves et al. Freeze-dried jaboticaba peel added to high-fat diet increases HDL-cholesterol and improves insulin resistance in obese rats. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 153-160, 2012.

LEVIS, Carolina et al. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. **Science**, v. 355, n. 6328, p. 925-931, 2017.

LI, Mingyong et al. Late summer temperature reconstruction based on tree-ring density for Sygera Mountain, southeastern Tibetan Plateau. **Global and Planetary Change**, v. 163, p. 10-17, 2018.

LIETH, Helmut. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In Phenology and seasonality modeling (H. Lieth, ed.). Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, v.8, p.3-19, 1974.

LONDRES, Marina et al. Population structure and fruit production of *Carapa guianensis* (Andiroba) in Amazonian floodplain forests: implications for community-based management. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917718835, 2017.

LONGHI-SANTOS, Tomaz et al. Dendroecologia de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1363-1375, 2019.

LOO, Lih-Chyun; SONG, Guo-Zhang M.; CHAO, Kuo-Jung. Characteristics of tropical human-modified forests after 20 years of natural regeneration. **Botanical Studies**, v. 58, n. 1, p. 36, 2017.

LORENZI, Harri et al. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). **São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da Flora**, v. 640, 2006.

MAACK, Reinhard. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná, 3ª ed, p. 41-95, 2002.

MALERBO-SOUZA, Darcllet Terezinha et al. Abelhas visitantes nas flores da jaboticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.) e produção de frutos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 1-4, 2004.

MARCHIORI, JNC; SOBRAL, M. Dendrologia das angiospermas: angiospermas: Myrtales. **Santa Maria: UFSM**, 1997.

MARQUES, Márcia; OLIVEIRA, Paulo Eugênio AM. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004a.

MARQUES, Márcia CM; ROPER, James J.; SALVALAGGIO, Ana Paula Baggio. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 203-213, 2004b.

MARTENSEN, Alexandre C.; PIMENTEL, Rafael G.; METZGER, Jean Paul. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.

MATTOS, João Rodrigues. **Fruteiras nativas do Brasil** – Jaboticabeiras. 1983.

MATTOS, Patrícia Póvoa et al. Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 141-149, 2015.

MAUÉS, MÁRCIA M.; COUTURIER, Guy. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 4, p. 441-448, 2002.

MAXIME, Cailleret; HENDRIK, Davi. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. **Trees**, v. 25, n. 2, p. 265-276, 2011.

MENDONÇA, Rejane M.N. **Maturação, secagem e armazenamento de sementes e propagação vegetativa de jaboticabeiras (*Myrciaria* sp)**. 2000. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MENDOZA, Irene; PERES, Carlos A.; MORELLATO, Leonor Patrícia C. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**, v. 148, p. 227-241, 2017.

METCALF, C. Jéssica E.; MCMAHON, Sean M.; SALGUERO-GÓMEZ, Robert; JONGEJANS, Eelke. IPMPack: an R package for integral projection models. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 195-200, 2013.

MILLNER, M. Ethelwyn. Natural grafting in *Hedera helix*. **New Phytologist**, v. 31, n. 1, p. 2-25, 1932.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. Observatório Nacional. Disponível em: <https://www.on.br/index.php/pt-br/>.

MISTRY, Jayalaxshmi et al. Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantíns. **Human ecology**, v. 33, n. 3, p. 365-386, 2005.

MORALES, Patricia et al. Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. **Food chemistry**, v. 208, p. 220-227, 2016.

MONTAGNA, Tiago et al. Spatial genetic structure, population dynamics, and spatial patterns in the distribution of *Ocotea catharinensis* from southern Brazil: implications

for conservation. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 48, n. 5, p. 506 – 516, 2018.

MORELLATO, L. Patrícia C. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, L. Patrícia C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.

MOURA, Márcio Hércules Caldas et al. Phenolic-rich jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg) extracts prevent high-fat-sucrose diet-induced obesity in C57BL/6 mice. **Food Research International**, v. 107, p. 48-60, 2018.

MUDGE, Ken et al. **A history of grafting**. 2009.

MÜLLER, Andréia; SCHMITT, Jairo Lizandro. Phenology of *Guarea macrophylla* Vahl (Meliaceae) in subtropical riparian forest in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 2, p. 187-194, 2018.

MÜLLER, Andressa et al. Neotropical ferns community phenology: climatic triggers in subtropical climate in Araucaria forest. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 10, p. 1393-1404, 2019.

MURALI, K. S.; SUKUMAR, Raman. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, southern India. **Journal of Ecology**, p. 759-767, 1994.

MURRAY-SMITH, CHARLOTTE et al. Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forests of Brazil. **Conservation Biology**, v. 23, n. 1, p. 151-163, 2009.

NABESHIMA, Eri; KUBO, Takuya; HIURA, Tsutom. Variation in tree diameter growth in response to the weather conditions and tree size in deciduous broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 6, p. 1055-1066, 2010.

NANDA, Appaji; SURESH, Hebbalalu S.; KRISHNAMURTHY, Yelugere L. Phenology of a tropical dry deciduous forest of Bhadra wildlife sanctuary, southern India. **Ecological Processes**, v. 3, n. 1, p. 1, 2014.

NATHAN, Ran; MULLER-LANDAU, Helene C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, n. 7, p. 278-285, 2000.

NAZARENO, Alison G.; DOS REIS, Maurício S. At risk of population decline? An ecological and genetic approach to the threatened palm species *Butia eriospatha* (Arecaceae) of Southern Brazil. **Journal of Heredity**, v. 105, n. 1, p. 120-129, 2014.

NEWSTROM, Linda E.; FRANKIE, Gordon W.; BAKER, Herbert George. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, p. 141-159, 1994.

NUNES, Yule Roberta Ferreira et al. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão-Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 233-243, 2008.

- NÚÑEZ-CRUZ, Adriana; MEAVE, Jorge A.; BONFIL, Consuelo. Reproductive phenology and seed germination in eight tree species from a seasonally dry tropical forest of Morelos, Mexico: Implications for Community-Oriented Restoration and Conservation. **Tropical Conservation Science**, v. 11, p. 1940082917749946, 2018.
- ODUM, Eugene P. **Fundamentos de ecologia**. 1988.
- OLIVEIRA, Juliano Morales et al. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, n. 1, p. 107-115, 2009.
- OLIVEIRA, G. P. et al. Origin and development of reproductive buds in jaboticaba cv. Sabará (*Plinia jaboticaba* Vell). **Scientia Horticulturae**, v. 249, p.432-438, 2019.
- ORELLANA, Enrique et al. Predicting the dynamics of a native *Araucaria* forest using a distance-independent individual tree-growth model. **Forest Ecosystems**, v. 3, n. 1, p. 12, 2016.
- PALADINI, Marcos Vily et al. **Caracterização de frutos, divergência genética e estrutura espacial de jaboticabeiras nativas de fragmento florestal em Clevelândia-PR**. 2016. Tese de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- PALUDO, Giovani F. Et al. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na reserva genética florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1109 – 1121, 2009.
- PAMMENTER, Norman W.; BERJAK, Patrícia. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 56 – 69, 2000.
- PANTHI, Shankar et al. Tree rings reveal recent intensified spring drought in the central Himalaya, Nepal. **Global and Planetary Change**, v. 157, p. 26-34, 2017.
- PEREIRA, D. A. BRASILEIRO, B. P. AMARAL, C. L. F. Termos da biologia da polinização aplicados à fruticultura. **Biotemas**, v. 22, p. 141-146, 2009.
- PEREIRA, José Aldo Alves et al. Human impacts affect tree community features of 20 forest fragments of a vanishing neotropical hotspot. **Environmental Management**, v. 55, n. 2, p. 296-307, 2015.
- PERES, Carlos A. et al. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science**, v. 302, n. 5653, p. 2112-2114, 2003.
- PIROINEN, Tiina; VALTONEN, Anu; ROININEN, Heikki. The seed-to-seedling transition is limited by ground vegetation and vertebrate herbivores in a selectively logged rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 137–146, 2017.
- POAGE, Nathan J.; TAPPEINER, II, John C. Long-term patterns of diameter and basal area growth of old-growth Douglas-fir trees in western Oregon. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 32, n. 7, p. 1232-1243, 2002.
- RADAELLI, Juliana Cristina et al. **Seleção de jaboticabeiras juvenis considerando o vigor, o potencial antioxidante e a tolerância a geadas**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RAO, V. Ramanatha; HODGKIN, Toby. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. **Plant cell, tissue and organ culture**, v. 68, n. 1, p. 1-19, 2002.

REYNERTSON, Kurt A. et al. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RIGBY, Robert A.; STASINOPOULOS, D. Mikis. Generalized additive models for location, scale and shape. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 54, n. 3, p. 507-554, 2005.

RINN, F. TSAP Win v. 3.6: **Reference Manual: Computer Program for Tree-Ring Analysis and Presentation**. Heidelberg, Germany: RINNTECH, 1996.

ROBINSON, Mark et al. Uncoupling human and climate drivers of late Holocene vegetation change in southern Brazil. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.

ROHNER, Brigitte; BUGMANN, Harald; BIGLER, Christof. Towards non-destructive estimation of tree age. **Forest Ecology and Management**, v. 304, p. 286-295, 2013.

ROSSA, Überson Boaretto et al. Germinação de sementes e qualidade de mudas de *Plinia trunciflora* (jaboticabeira) em função de diferentes tratamentos pré-germinativos. **Floresta**, v. 40, n. 2, 2010.

ROSADA DE OLIVEIRA, Ivanka et al. Effect of tree spacing on growth and wood density of 38-year-old *Cariniana legalis* trees in Brazil. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 80, n. 4, p. 311-318, 2018.

SAHA, Sonali; HOWE, Henry F. Stature of juvenile trees in response to anthropogenic fires in a tropical deciduous forest of Central India. **Conservation and Society**, v. 4, n. 4, p. 619-627, 2006.

SALLA, Vanessa Padilha. **Diversidade e estrutura genética populacional em jaboticabais nativos no Sudoeste do Paraná**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 98 f. 2019.

SANTOS, Andreia Taborda dos et al. Determinação da época de desbaste pela análise dendrocronológica e morfométrica de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso em povoamento não manejado. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 699-709, 2015.

SANTOS, Guilherme Neto dos et al. Regeneração natural em uma Floresta com Araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 483-494, 2018.

SASSO, Simone Aparecida Zolet; CITADIN, Idemir; DANNER, Moeses Andrigo. Propagação de jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 571-576, 2010 a

SASSO, Simone Aparecida Zolet et al. Propagação de jabuticabeira por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 577-583, 2010 b.

SAWADA, Yoshimi et al. Size structure, growth and regeneration of tropical conifers along a soil gradient related to altitude and geological substrates on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1-2, p. 103-114, 2016.

SCHÖNGART, Jochen et al. Age and growth patterns of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 550-558, 2015.

SCHUSTER, William SF; MITTON, Jeffry B. Relatedness within clusters of a bird-dispersed pine and the potential for kin interactions. **Heredity**, v. 67, n. 1, p. 41-48, 1991.

SCOLES, Ricardo; GRIBEL, Rogério. The regeneration of Brazil nut trees in relation to nut harvest intensity in the Trombetas River valley of Northern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 265, p. 71-81, 2012.

SILVA, L. Borges et al. Tree age determination in the widespread woody plant invader *Pittosporum undulatum*. **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 457-467, 2017.

SILVA, Taline Cristina da et al. Human impact on the abundance of useful species in a protected area of the Brazilian Cerrado by people perception and biological data. **Landscape Research**, v. 44, n. 1, p. 75-87, 2019.

SHAH, Santosh K.; MEHROTRA, Nivedita. Tree-ring studies of *Toona ciliata* from subtropical wet hill forests of Kalimpong, eastern Himalaya. **Dendrochronologia**, v. 46, p. 46-55, 2017.

SHEPARD, Glenn H.; RAMIREZ, Henri. "Made in Brazil": human dispersal of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. **Economic Botany**, v. 65, n. 1, p. 44-65, 2011.

SOBRAL, M. et al. Myrtaceae in lista de espécies da flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 10, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB171>>.

SOETHE, Nathalie; LEHMANN, Johannes; ENGELS, Christof. Nutrient availability at different altitudes in a tropical montane forest in Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, p. 397-406, 2008.

SOUZA, Alexandre F. et al. Regeneration patterns of a long-lived dominant conifer and the effects of logging in southern South America. **Acta Oecologica**, v. 34, n. 2, p. 221-232, 2008.

STAGGEMEIER, Vanessa Grazielle; DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola; MORELLATO, Leonor Patrícia Cerdeira. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrteae (Myrtaceae). **Journal of Ecology**, v. 98, n. 6, p. 1409-1421, 2010.

STAGGEMEIER, Vanessa G. et al. Clade-specific responses regulate phenological patterns in Neotropical Myrtaceae. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 17, n. 6, p. 476-490, 2015.

STAGGEMEIER, Vanessa G.; CAZETTA, Eliana; MORELLATO, Leonor Patrícia Cerdeira. Hyperdominance in fruit production in the Brazilian Atlantic rain forest: the functional role of plants in sustaining frugivores. **Biotropica**, v. 49, n. 1, p. 71-82, 2017.

SULLIVAN, Thomas P.; SULLIVAN, Druscilla S. Acceleration of old-growth structural attributes in lodgepole pine forest: Tree growth and stand structure 25 years after thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 365, p. 96-106, 2016.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988.

SYAMPUNGANI, Stephen; GELDENHUYS, Coert J.; CHIRWA, Paxie W. Regeneration dynamics of miombo woodland in response to different anthropogenic disturbances: forest characterisation for sustainable management. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 4, p. 563-576, 2016.

TABARELLI, Marcello; GASCON, Claude. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 734-739, 2005.

TANAKA, H.; SHIBATA, M.; MASAKI, T.; IIDA, S.; NIIYAMA, K.; ABE, S.; KOMINAMI, Y.; NAKASHIZUKA, T. Comparative demography of three coexisting *Acer* species in gaps and under closed canopy. **Journal of Vegetation Science**, v. 19, p. 127-138, 2008.

TANNUS, João LS; ASSIS, Marco A.; MORELLATO, L. Patrícia C. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 0-0, 2006.

TOMCHINSKY, Bernardo; MING, Lin Chau. As plantas comestíveis no Brasil dos séculos XVI e XVII segundo relatos de época. **Rodriguésia**, v. 70, 2019.

VALIO; Ivany F. M.; FERREIRA, Zenith L. Germination of seeds of *Myrciaria cauliflora* (Mart) Berg. (Myrthaceae). **Revista Brasileira de Fisiologia**, v. 4, n. 2, p. 95 – 98, 1992.

VAN ZONNEVELD, Maarten et al. Human diets drive range expansion of megafauna-dispersed fruit species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 13, p. 3326-3331, 2018.

VÁZQUEZ, Diego P. Reconsiderando el nicho hutchinsoniano. **Ecología austral**, v. 15, n. 2, p. 149-158, 2005.

VERHEYDEN, Anouk et al. Growth rings, growth ring formation and age determination in the mangrove *Rhizophora mucronata*. **Annals of botany**, v. 94, n. 1, p. 59-66, 2004.

VIEIRA, Ima Célia Guimarães; GARDNER, Toby A. Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, n. 3, p. 191-194, 2012.

VLAM, Mart et al. Understanding recruitment failure in tropical tree species: insights from a tree-ring study. **Forest Ecology and Management**, v. 312, p. 108-116, 2014.

VOGADO, Nara Oliveira et al. Edge effects on the phenology of the guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), a cerrado tree, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 291-312, 2016.

WACHOWICZ, Ruy. O papel dos índios a ocupação do Sudoeste do Paraná. In: Boletim do Instituto Histórico, Geográfico E Etnográfico Paranaense. **Editores Literotécnicos: Curitiba**, 1983, p. 53 – 71.

WILSON, Peter G. et al. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 11, p. 2013-2025, 2001.

ZARR, Jerrold H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. Pg, p. 161-164, 1999.

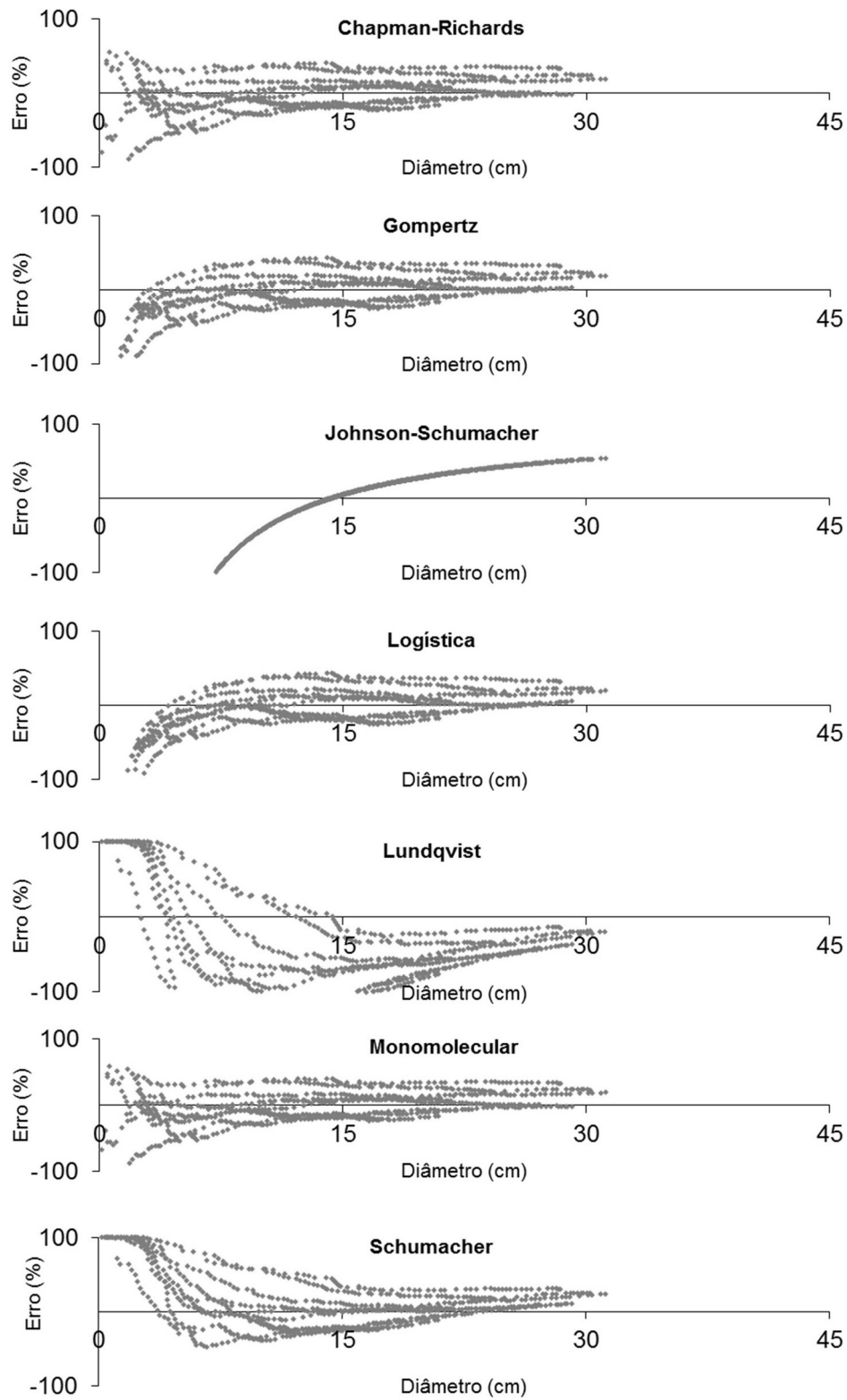
ZUCHIWSCHI, Elaine et al. Limitações ao uso de espécies florestais nativas pode contribuir com a erosão do conhecimento ecológico tradicional e local de agricultores familiares. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 270-282, 2010.

ZUIDEMA, Pieter; BOOT, René G. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 1-31, 2002.

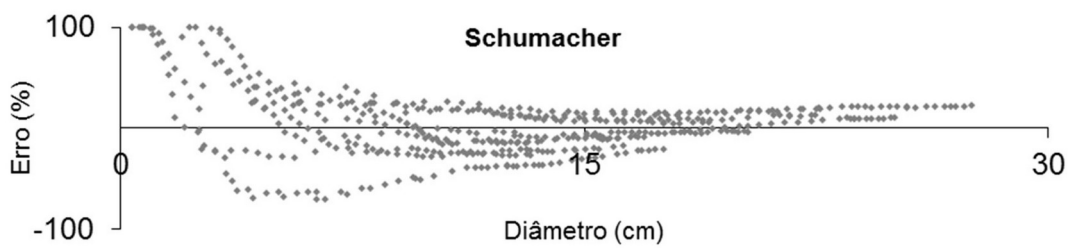
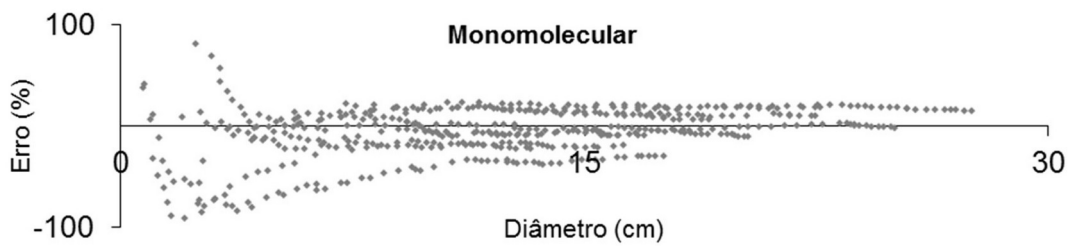
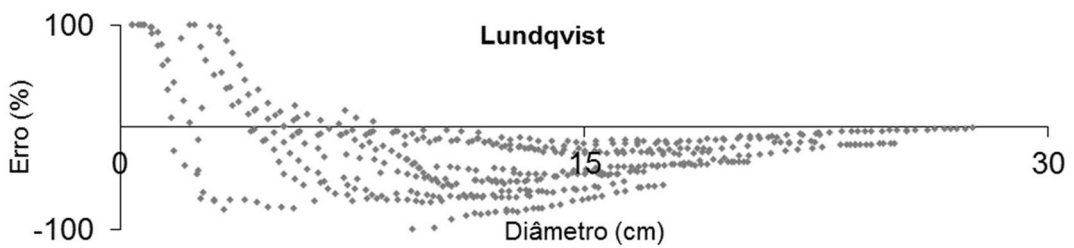
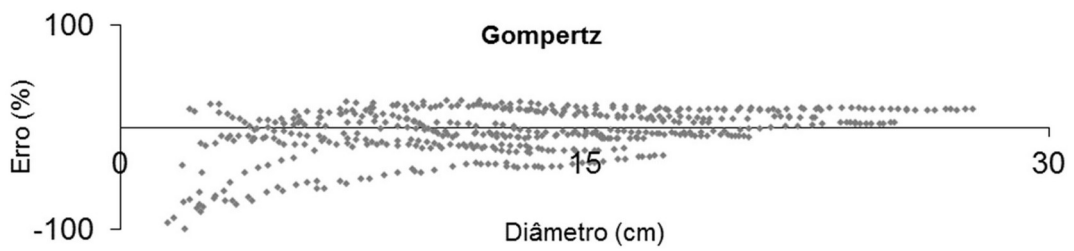
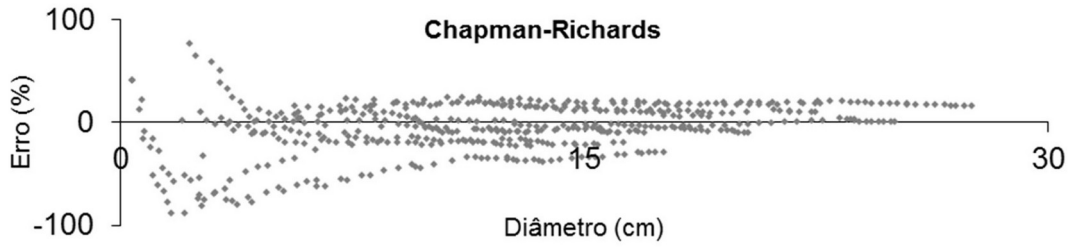


## APÊNDICES

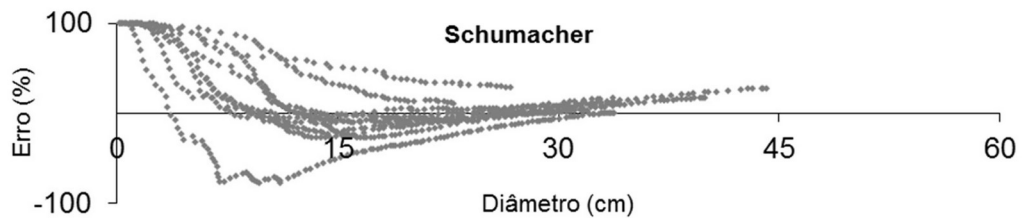
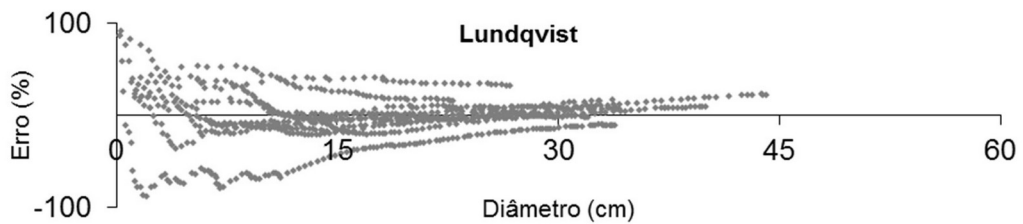
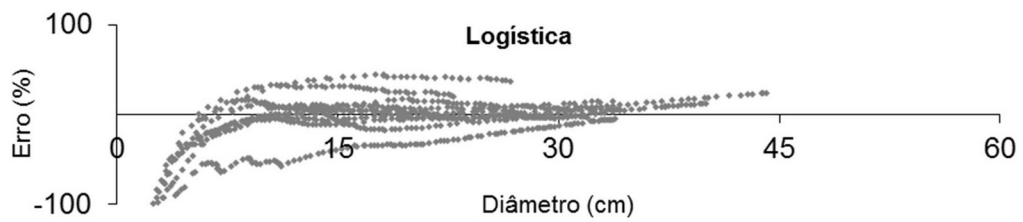
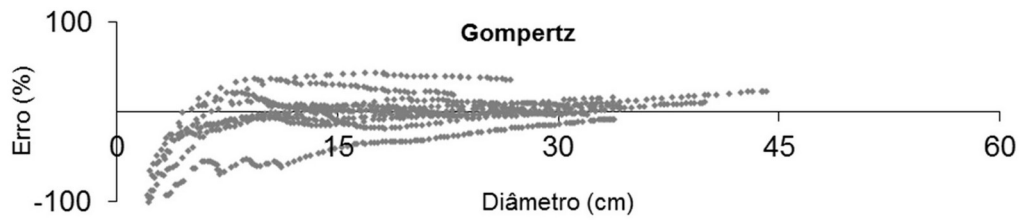
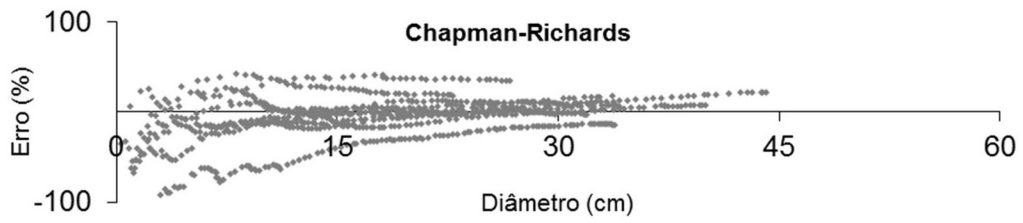
## APÊNDICE A – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Chopinzinho.



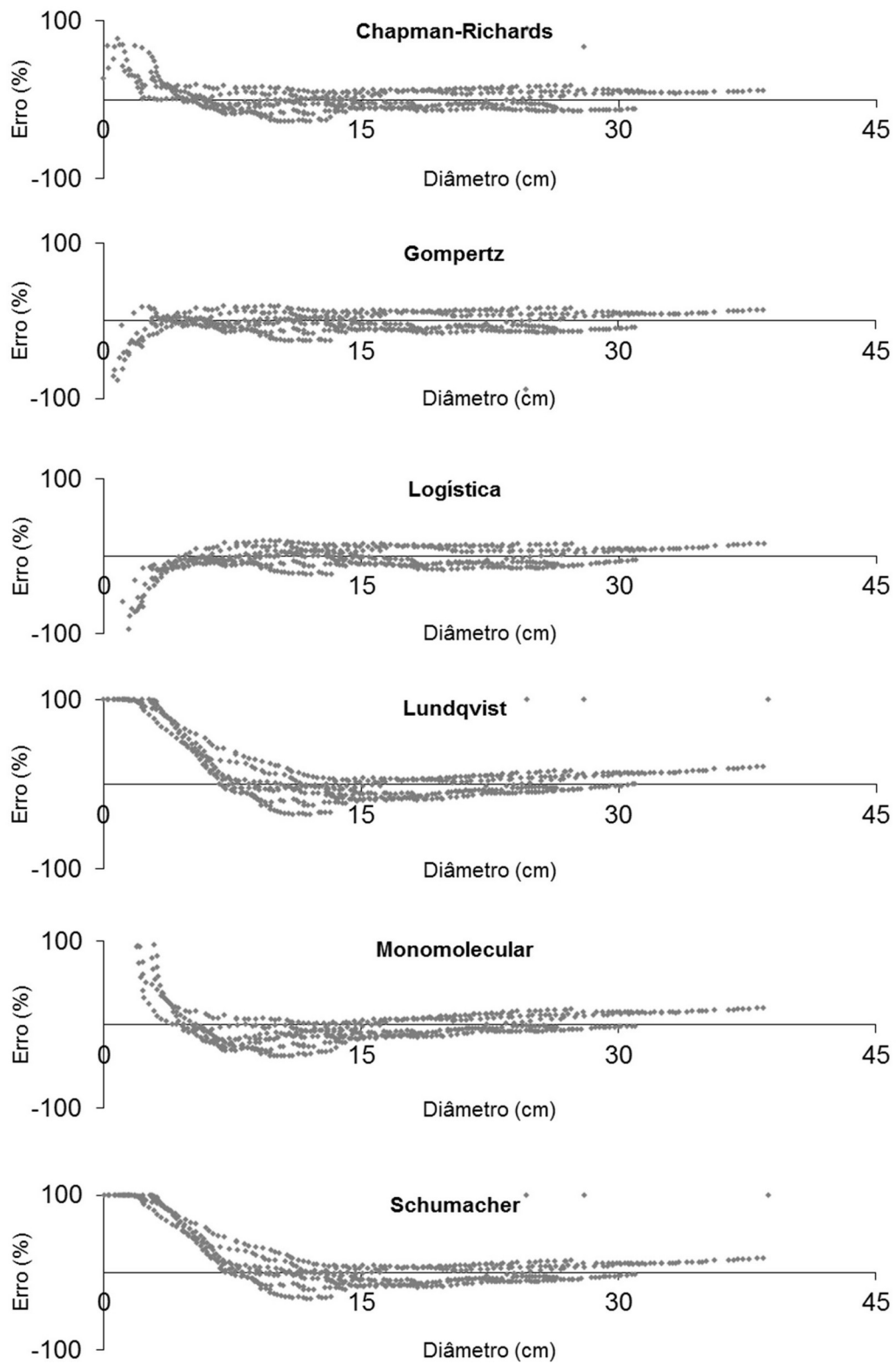
## APÊNDICE B – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Clevelândia.



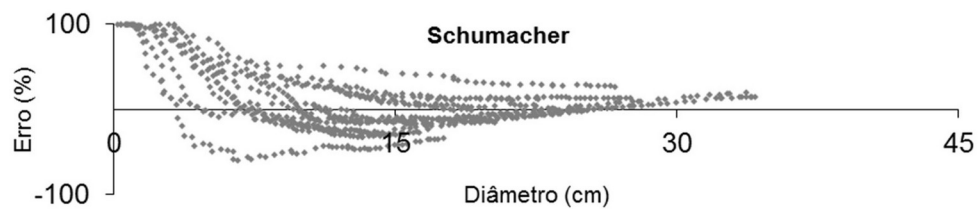
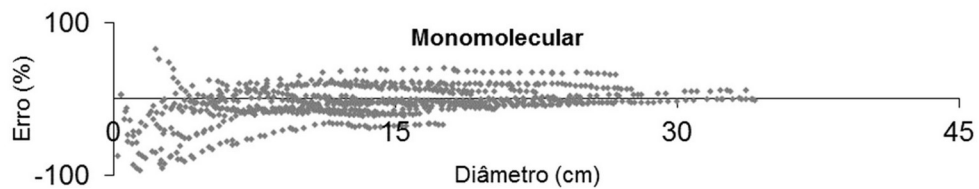
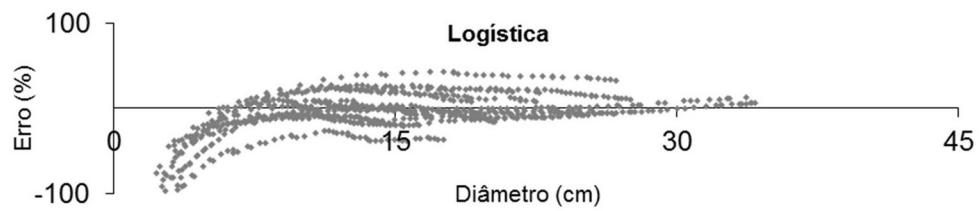
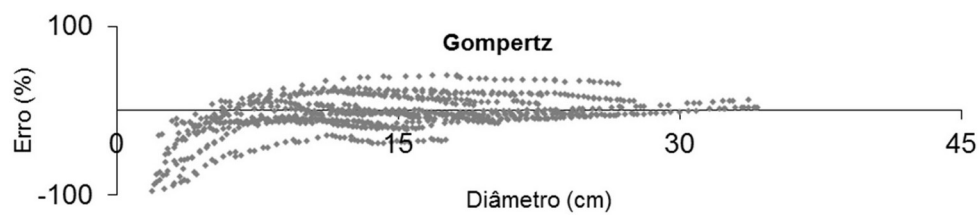
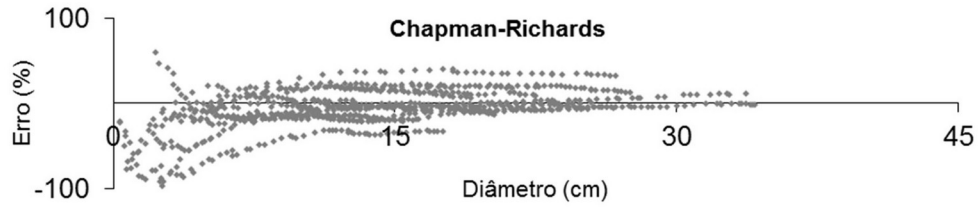
## APÊNDICE C – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Pato Branco.



## APÊNDICE D – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em Vitorino.



APÊNDICE E – Resíduos do ajuste das equações de crescimento em todos os locais.



APÊNDICE F – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento (cm ano<sup>-1</sup>) e idade (anos), em Chopinzinho.

| FV               | GL | Tempo de passagem (anos) | Crescimento (cm anos <sup>-1</sup> ) | Idade (anos) |
|------------------|----|--------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Centro de classe | 6  | 59,828 <sup>ns</sup>     | 0,006 <sup>ns</sup>                  | 10.630*      |
| Resíduo          | 63 | 2,659                    | 0,005 <sup>ns</sup>                  | 96,60        |
| Total            | 69 | -                        | -                                    | -            |
| CV (%)           | -  | 30%                      | 27%                                  | 16%          |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE G – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento (cm ano<sup>-1</sup>) e idade (anos), em Clevelândia.

| FV               | GL | Tempo de passagem (anos) | Crescimento (cm anos <sup>-1</sup> ) | Idade (anos) |
|------------------|----|--------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Centro de classe | 5  | 47,787 <sup>ns</sup>     | 0,055*                               | 4.525*       |
| Resíduo          | 54 | 3,080                    | 0,009                                | 27,70        |
| Total            | 59 | -                        | -                                    | -            |
| CV (%)           | -  | 25%                      | 29%                                  | 14%          |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.



APÊNDICE H – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento (cm ano<sup>-1</sup>) e idade (anos), em Pato Branco.

| FV               | GL  | Tempo de passagem (anos) | Crescimento (cm anos <sup>-1</sup> ) | Idade (anos) |
|------------------|-----|--------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Centro de classe | 6   | 59,067 <sup>ns</sup>     | 0,070 <sup>ns</sup>                  | 124.049*     |
| Resíduo          | 875 | 28,747                   | 0,035                                | 137          |
| Total            | 881 | -                        | -                                    | -            |
| CV (%)           | -   | 35%                      | 54%                                  | 22%          |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE I – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis tempo de passagem (anos), crescimento (cm ano<sup>-1</sup>) e idade (anos), em Vitorino.

| FV               | GL | Tempo de passagem (anos) | Crescimento (cm anos <sup>-1</sup> ) | Idade (anos) |
|------------------|----|--------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Centro de classe | 6  | 60,600 <sup>ns</sup>     | 0,007 <sup>ns</sup>                  | 68.360*      |
| Resíduo          | 49 | 1,444                    | 0,008                                | 64           |
| Total            | 55 | -                        | -                                    | -            |
| CV (%)           | -  | 20%                      | 30%                                  | 14%          |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE J – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras ha<sup>-1</sup>) e mortalidade (%) em Clevelândia.

| FV                                   | GL | Densidade<br>(jaboticabeiras ha <sup>-1</sup> ) | Mortalidade (%)      |
|--------------------------------------|----|---|----------------------|
| Tipo de parcela                      | 1  | 242.100.833*                                    | 130,570*             |
| Época de avaliação                   | 3  | 3.276.389 <sup>ns</sup>                         | 90,980 <sup>ns</sup> |
| Tipo de parcela x Época de avaliação | 3  | 3.276.389 <sup>ns</sup>                         | 90,980 <sup>ns</sup> |
| Resíduo                              | 40 | 1.789.500                                       | 255,160              |
| Total                                | 57 | -   | -                    |
| CV (%)                               | -  | 53%   | 35%                  |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE K – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras ha<sup>-1</sup>) e mortalidade (%) em Pato Branco.

| FV                                   | GL | Densidade<br>(jaboticabeiras ha <sup>-1</sup> ) | Mortalidade (%)      |
|--------------------------------------|----|---|----------------------|
| Tipo de parcela                      | 1  | 14.191.875*                                     | 542,51 <sup>ns</sup> |
| Época de avaliação                   | 3  | 605.208 <sup>ns</sup>                           | 138,02 <sup>ns</sup> |
| Tipo de parcela x Época de avaliação | 3  | 4.653 <sup>ns</sup>                             | 155,53 <sup>ns</sup> |
| Resíduo                              | 40 | 2.314.542                                       | 500,46               |
| Total                                | 47 | -   | -                    |
| CV (%)                               | -  | 50%   | 55%                  |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE L – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para as variáveis densidade (jaboticabeiras ha<sup>-1</sup>) e mortalidade (%) em Vitorino.

| FV                                   | GL | Densidade<br>(jaboticabeiras ha <sup>-1</sup> ) | Mortalidade (%)       |
|--------------------------------------|----|---|-----------------------|
| Tipo de parcela                      | 1  | 3.990.313 <sup>ns</sup>                         | 461,460 <sup>ns</sup> |
| Época de avaliação                   | 3  | 241.146 <sup>ns</sup>                           | 149,900 <sup>ns</sup> |
| Tipo de parcela x Época de avaliação | 3  | 111.979 <sup>ns</sup>                           | 341,540 <sup>ns</sup> |
| Resíduo                              | 24 | 1.200.938                                       | 157,600               |
| Total                                | 31 | -   | -                     |
| CV (%)                               | -  | 60%   | 65%                   |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE M – Graus de liberdade e quadrados médios da análise de variância para a variável número médio de frutos remanescentes.

| FV          | GL  | Número médio de frutos remanescentes |
|-------------|-----|--------------------------------------|
| Local       | 2   | 774,140 *                            |
| Anos        | 2   | 352,930*                             |
| Local x Ano | 2   | 584,220*                             |
| Resíduo     | 126 | 16,273                               |
| Total       | 134 | -                                    |
| CV (%)      | -   | 24%                                  |

\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. FV= Fonte de variação. GL = Graus de liberdade. CV (%) = Coeficiente de variação.