



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FATORES QUE INFLUENCIAM NO SUCESSO DA ALPORQUIA EM  
PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* Camb.)**

**ANTÔNIO ALVES DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA – DF**

**JANEIRO/2022**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FATORES QUE INFLUENCIAM NO SUCESSO DA ALPORQUIA EM**  
**PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* Camb.)**

**ANTÔNIO ALVES DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**ORIENTADOR: RICARDO CARMONA**

**COORIENTADORA: HELENICE MOURA GONÇALVES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA - DF**

**JANEIRO/2022**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FATORES QUE INFLUENCIAM NO SUCESSO DA ALPORQUIA EM  
PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* Camb.)**

**ANTÔNIO ALVES DE OLIVEIRA JUNIOR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADO POR:

---

RICARDO CARMONA, D.Sc. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária -  
Universidade de Brasília, CPF: 183.492.181-34, rcarmona@unb.br (Orientador)

---

MÁRCIO DE CARVALHO PIRES, D.Sc. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária -  
Universidade de Brasília, CPF: 844.256.601-53, mcpires@unb.br (Examinador interno)

---

AILTON VITOR PEREIRA, D.Sc. /Embrapa Produtos e Mercado, CPF: 238.107.266-72,  
ailton.pereira@embrapa.br (Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 10 DE JANEIRO DE 2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira Júnior, Antônio Alves de

Fatores que influenciam no sucesso da alporquia em pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). Antônio Alves de Oliveira Júnior; Orientação de Ricardo Carmona; coorientação de Helenice Moura Gonçalves. Brasília, 2022.

199 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

1. *Caryocar brasiliense* Cambess. 2. Propagação vegetativa. 3. Enraizamento. 4. Calejamento

CDD ou CDU

Agris / FAO

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, A. A. J. **Fatores que influenciam no sucesso da alporquia em pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2022, 199 p. Dissertação de Mestrado

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Antônio Alves de Oliveira Júnior

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Fatores que influenciam no sucesso da alporquia em pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.)

GRAU: Mestre. ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

NOME: ANTÔNIO ALVES DE OLIVEIRA JÚNIOR

CPF: 701.080.381-14

Tel. (61) 98284-7489

E-mail: agrounb.antonio@gmail.com

Ao professores Ricardo Carmona e a doutora Helenice Moura Gonçalves pela orientação e apoio incalculáveis. Aos alunos de graduação Bruno Santos, Thiago Estácio, Maíza Souza, Luis Carlos Junior, Amanda Caroline Lacerda e José Cruz pelo apoio e ajuda nas atividades de campo. À professora Michelle Souza Vilela, ao doutor Renato Amabile da Embrapa Cerrados e Paulo Cesar da Soloquímica por possibilitarem as análises de laboratório. E a todos que contribuíram de alguma forma na produção dessa dissertação,

**MINHA GRATIDÃO.**

À minha mãe Valdivina dos Anjos Alves de Oliveira, minha irmã Valéria Alves de Oliveira e minha tia Ana Maria Alves Paraizo pelo amor e apoio ao longo destes dois anos. Aos meus primos Italo Cezar Alves Paraizo e Victor Augusto Alves Paraizo pela amizade e a toda minha família,

**DEDICO.**

# **FATORES QUE INFLUENCIAM NO SUCESSO DA ALPORQUIA EM PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* Camb.)**

## **RESUMO GERAL**

O pequiizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.) é uma espécie arbórea nativa do Cerrado brasileiro, cujos frutos são muito utilizados e apreciados na culinária regional. A exploração comercial da espécie é feita em grande parte de modo extrativista, sendo o seu cultivo ainda incipiente pela escassez de oferta de mudas, em decorrência da dormência e baixa germinação das sementes e da dificuldade de enraizamento das estacas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diversos fatores no sucesso da alporquia para a propagação clonal de pequiizeiro visto que alguns estudos relatam a possibilidade de enraizamento de estacas e alporques da espécie. Para isso, foram realizados quatro experimentos de alporquia na região do Distrito Federal. O primeiro ensaio foi realizado em 2019 e avaliou o intervalo de diâmetro ideal de caules de pequiizeiro, sendo testados os diâmetros: < 15, 15-19, 20-24, 25-29, >29 mm em duas plantas matrizes nativas. O segundo ensaio foi realizado na Embrapa Cerrados, Distrito Federal, no qual foram avaliados os efeitos de 10 substratos no enraizamento de alporques de pequiizeiro. No terceiro experimento foi avaliada a influência de 10 matrizes (genótipos) de pequiizeiro na velocidade de enraizamento e calejamento dos alporques. No quarto experimento, foram avaliadas diferentes épocas (período/estação) de instalação de alporques na região do Distrito Federal. Os resultados obtidos mostram que o intervalo de diâmetro ideal para alporquia de pequiizeiro situa-se entre 20 e 29 mm, por proporcionar as maiores porcentagens de sobrevivência (>95%), calejamento (>95%) e enraizamento (>40%). O substrato Bioplant® Gold classe F apresentou características físicas e químicas mais adequadas e proporcionou até 100% de sobrevivência, 75% de enraizamento e maior vigor de enraizamento. Os substratos com menor densidade aparente, microporosidade e macroporosidade foram mais favoráveis à alporquia, assim como os substratos com maiores teores de fósforo, cálcio, magnésio e maior capacidade de troca catiônica. O substrato adequado para alporquia de pequiizeiro deve ter densidade aparente inferior a  $0,276 \text{ g cm}^{-3}$ , macroporosidade de 40% e microporosidade de 35%. Os teores de cálcio, magnésio e fósforo devem ser superiores a  $7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $3,5 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente. Com relação ao efeito do genótipo, foram observadas diferenças na velocidade de calejamento e enraizamento, demonstrando que algumas matrizes podem ser mais adequadas ao processo de alporquia. Nesse ensaio foram selecionadas três matrizes de pequiizeiro para estudos futuros de produção de mudas por alporquia. A instalação da alporquia em setembro (início da primavera) proporcionou 100% de sobrevivência,

calejamento e enraizamento de alporques, em comparação ao mês de julho (período de inverno) com 65% de sobrevivência e 25% de enraizamento de alporques. Os resultados obtidos nos quatro ensaios demonstram que a alporquia pode ser uma técnica alternativa para a clonagem do pequi, proporcionando porcentagens de até 100% de sobrevivência e enraizamento dos alporques, sob condições favoráveis.

**Palavras-chave:** Cerrado, *Caryocar brasiliense*, propagação vegetativa, clonagem, enraizamento, calejamento.

## ABSTRACT

*Caryocar brasiliense* Cambess., a Cerrado native species, is important in the Brazilian regional cuisine. The commercial exploitation of the species is done largely in an extractive way, with the cultivation of the species being limited by the difficulty of seedlings producing, and also by the lack of information on the species vegetative propagation. With that in mind, this work aimed to evaluate the effectiveness of several aspects of the air layering technique in the clonal propagation of *C. brasiliense*, as some studies report the rooting possibility of cuttings and air layers of the species. For this, four air layering experiments were carried out in the Distrito Federal region, seeking to evaluate different air layering treatments. The first trial was carried out in 2019 and evaluated the ideal diameter range for tree stems, with the following diameters being tested: < 15; 15-19; 20-24; 25-29; >29 mm in two native stock plants. The second trial was carried out at Embrapa Cerrados, Distrito Federal, in which the effects of 10 substrates on the rooting characteristics of *C. brasiliense* air layers were evaluated. In the third experiment, the influence of 10 pequi stock plants genotypes on the rooting speed and callousing of air layers was evaluated. And finally, in the fourth experiment, the ideal time (season) for installing air layers in the Distrito Federal region was evaluated. The results obtained demonstrate that the ideal diameter range for *C. brasiliense* air layering is between 20 and 29mm, as it provides the best percentages of survival (>95%), callusing (>95%) and rooting (>40%), in terms of substrate, Bioplant®, material with the best physical and chemical characteristics, provided the best results, reaching up to 100% survival and 75% rooting and greater rooting vigor. It was also observed that substrates with lower bulk density, air and water volume were ideal for air layering, while substrates with higher phosphorus, calcium, magnesium and cation exchange capacity positively influenced the air layering. Thus, a suitable substrate for pequi tree layering has apparent density lower than  $0.276 \text{ g cm}^{-3}$ , 40% air volume and 35% for water volume. The calcium, magnesium and phosphorus contents must be higher than  $7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $3.5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  and  $3.5 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectively. Regarding the genotype, differences in callusing and rooting speed were observed, demonstrating that some genotypes may be more suitable for the air layering process. In this trial, three pequi tree matrices were selected for future studies of seedling production. It was observed that the best month of installation of the air layer was September (early spring), which provided 100% survival, callus formation and rooting. In comparison, July (winter period) provided 65% of survival and 25% of rooting of air layers. The results obtained in the four air layering studies demonstrate that the technique can be viable

in the production of cloned seedlings of the species *Caryocar brasiliense* Cambess, and in some cases percentages of survival and rooting of air layers of 100% were observed.

**Keywords:** *Caryocar brasiliense* Cambess., vegetative propagation, cloning, rooting, callus induction.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** Sequência de procedimentos para realização da alporquia. A: Alicates adaptado utilizado no anelamento dos caules na alporquia; B: Determinação do diâmetro do caule com auxílio de paquímetro; C: Anelamento do caule com auxílio do alicate de alporquia; D: Aspecto do caule após o anelamento; E: Corte longitudinal da embalagem contendo substrato; F: Processo e fixação do substrato no caule anelado; G: Fixação do substrato com fita adesiva no caule anelado; H: Marcação e etiquetagem do alporque de acordo com sua parcela. Brasília-DF, 2020-2021.....61
- Figura 1.2:** A: Corte de alporques na matriz de pequiheiro; B: Coleta para avaliação do alporque no Laboratório de Análise de Sementes, UnB. Brasília-DF, 2020-2021. ....62
- Figura 1.3:** Escala de notas utilizada na determinação do vigor de enraizamento de alporques de pequiheiro. 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes. Brasília-DF, 2020-2021. ....63
- Figura 2.1:** Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Embrapa Cerrados, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021. ....80
- Figura 2.2:** A: Calejamento de alporques em campo; B: Alporque calejado avaliado em laboratório; C: Enraizamento de alporque de pequiheiro; D: Alporque enraizado durante o processo de remoção do substrato das raízes. Brasília-DF, 2020-2021. ....82
- Figura 2.3:** A: Raízes após a remoção dos alporques; B: Raízes colocadas em recipiente de alumínio para pesagem; C: Pesagem das raízes em balança de precisão; D: Aspecto das raízes após a secagem em estufa no Laboratório de Análise de Sementes, UnB. Brasília-DF, 2020-2021. ....83
- Figura 2.4:** Escala de notas utilizada na determinação do vigor de enraizamento de alporques de pequiheiro. 0 - 0% das raízes escurecidas. 1 - Entre 1 e 20% das raízes escurecidas. 2 - Entre 21 e 40%. 3 - Entre 41 e 60%. 4 - Entre 61 e 80%. 5 - Acima de 80%. Brasília-DF, 2020-2021. ....84
- Figura 2.5:** Enraizamento e comprimento médio da maior raiz de alporques de pequiheiro em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, 5 meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2021. Legenda: Significativo a: \*\*\* (0,1%), \*\* (1%), \*(5%). Brasília – DF, 2020-2021. ....92

<b>Figura 2.6:</b> Notas de vigor de enraizamento e de lignificação de raízes de alporques de pequizeiro em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, 5 meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2021. Legenda: Significativo a: *** (0,1%), ** (1%), *(5%). Brasília – DF, 2020-2021. ....	94
<b>Figura 2.7:</b> Matéria seca e fresca de raízes de alporques de pequizeiro em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, cinco meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2020 - 2021. Legenda: Significativo a: *** (0,1%), ** (1%), *(5%). ....	97
<b>Figura 3.1:</b> Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Embrapa Cerrados, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021. ...	109
<b>Figura 3.2:</b> Relação entre a densidade aparente de substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.....	116
<b>Figura 3.3:</b> Relação entre a densidade real de substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.....	118
<b>Figura 3.4:</b> Relação entre macroporosidade do substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.....	120
<b>Figura 3.5:</b> Relação entre microporosidade do substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.....	122
<b>Figura 3.6:</b> Relação entre porosidade total do substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento	

(Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 124

**Figura 3.7:** Relação entre a água disponível e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 125

**Figura 3.8:** Relação entre a capacidade de campo e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 128

**Figura 3.9:** Relação entre o ponto de murcha permanente e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 130

**Figura 3.10:** Relação entre o teor de cálcio (Ca) no substrato e: A-porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 132

**Figura 3.11:** Relação entre o teor de magnésio (Mg) no substrato e: A-porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 134

**Figura 3.12:** Relação entre o teor de fósforo (P) no substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 136

**Figura 3.13:** Relação entre o teor de potássio (K) no substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 139

**Figura 3.14:** Relação entre o teor de sódio (Na) no substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021..... 141

**Figura 3.15:** Relação entre o índice de saturação por sódio (ISNa) no substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021. .... 143

**Figura 3.16:** Relação entre a capacidade de troca catiônica (CTC) no substrato e: A - porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021. .... 145

**Figura 4. 1:** Relação entre o número de dias necessários para o calejamento de alporques em 10 genótipos de pequiheiro. Brasília DF, 2021. Legenda: números 1-10 se referem aos genótipos avaliados. .... 172

**Figura 4.2:** Relação entre o número de dias necessários para o enraizamento de alporques em 10 genótipos de pequiheiro. Brasília DF, 2021. Legenda: números 1-10 se referem aos genótipos avaliados. .... 174

**Figura 5.1** Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa, UnB, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1:</b> Efeito do diâmetro de caule na sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de pequiheiro. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021. ....	64
<b>Tabela 1.2:</b> Efeito da planta matriz na sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de pequiheiro. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021. ....	65
<b>Tabela 1.3:</b> Efeito do diâmetro de caule e matriz no enraizamento de alporques de pequiheiro. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF. ....	66
<b>Tabela 2.1:</b> Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), lignificação (Lig), comprimento médio da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MAS) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE) na comparação de diferentes substratos utilizados na alporquia de Pequiheiro. Brasília-DF, 2020-2021. ....	87
<b>Tabela 2.2:</b> Efeito de substratos na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr) e em características de enraizamento, avaliadas por meio de lignificação (Lig), comprimento médio da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE). Brasília – DF, 2020-2021. ....	89
<b>Tabela 2.3:</b> Resultado da correlação linear de Pearson entre as variáveis sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr) e em características de enraizamento, avaliadas por meio de lignificação (Lig), comprimento médio da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE). Brasília – DF, 2020-2021. ....	95
<b>Tabela 3.1:</b> Resultado das análises das características físicas e químicas dos substratos utilizados na alporquia de pequiheiro. Brasília-DF, 2020-2021. ....	112

<b>Tabela 3.2:</b> Coeficientes de correlação linear de Pearson para características de alporquia e características físico-químicas dos substratos. Brasília-DF, 2021. ....	150
<b>Tabela 4.1:</b> Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), velocidade de calejamento (VC) e a velocidade de enraizamento (VE), três e cinco meses após a instalação, na comparação de diferentes genótipos utilizados na alporquia de Pequizeiro. Brasília-DF, 2021. ....	169
<b>Tabela 4.2:</b> Efeito de genótipos (matrizes) na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr), velocidade de calejamento (VC) e velocidade de enraizamento (VE) aos três e cinco meses de avaliação. Brasília – DF, 2020-2021. ....	170
<b>Tabela 5.1:</b> Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca de raiz (MFA) e matéria seca de raiz (MAS), quatro meses após a instalação da alporquia de pequizeiro em diferentes períodos do ano. Brasília-DF, 2021.....	188
<b>Tabela 5.2:</b> Efeito de épocas (período de instalação) na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca de raiz (MFA) e matéria seca de raiz (MSA) de alporques de pequizeiro. Brasília-DF, 2020-2021.....	190
<b>Tabela 5.3:</b> Coeficientes de correlação linear de Pearson para características de alporquia e características climáticas obtidas na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa, UnB. Brasília-DF, 2021. ....	192

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	VI
ABSTRACT .....	VIII
1. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
1.1. INTRODUÇÃO GERAL .....	18
1.2. HIPÓTESES E OBJETIVO.....	19
1.2.1. HIPÓTESES.....	19
1.2.2. OBJETIVO GERAL .....	19
1.2.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.3. REVISÃO DE LITERATURA .....	20
1.3.1. IMPORTÂNCIA DAS FRUTEIRAS NATIVAS DO CERRADO.....	20
1.3.2. BOTÂNICA DO PEQUIZEIRO.....	21
1.3.3. FORMAS DE PROPAGAÇÃO.....	22
1.3.3.1. PROPAGAÇÃO SEXUADA.....	24
1.3.3.2. PROPAGAÇÃO ASSEXUADA.....	25
1.3.4. ALPORQUIA.....	26
1.3.4.1. REGULADORES DE CRESCIMENTO .....	27
1.3.4.2. ÉPOCA DE ALPORQUIA.....	29
1.3.4.3. DIÂMETRO DE CAULE .....	30
1.3.4.4. SUBSTRATOS.....	31
1.3.4.5. OUTRAS CARACTERÍSTICAS.....	41
1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
1. EFEITO DO DIÂMETRO DO CAULE .....	54
RESUMO .....	55
ABSTRACT .....	56
1.1. INTRODUÇÃO.....	57
1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	60
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
1.4. CONCLUSÕES.....	69
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
2. EFEITO DE SUBSTRATOS .....	74
RESUMO .....	75
ABSTRACT .....	76
2.1. INTRODUÇÃO.....	77

2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	85
2.4. CONCLUSÕES .....	99
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
3. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS NA ALPORQUIA DO PEQUIZEIRO .....	104
RESUMO .....	105
ABSTRACT .....	106
3.1. INTRODUÇÃO.....	107
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	108
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	113
3.4. CONCLUSÕES .....	153
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	154
4. EFEITO DE GENÓTIPOS .....	163
RESUMO .....	164
ABSTRACT .....	165
4.1. INTRODUÇÃO.....	166
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	167
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	168
4.4. CONCLUSÕES .....	175
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	176
5. EFEITO DE ÉPOCAS.....	179
RESUMO .....	180
ABSTRACT .....	181
5.1. INTRODUÇÃO.....	182
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	184
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	187
5.4. CONCLUSÕES .....	194
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	195
6. DISCUSSÃO GERAL.....	198

# 1. REVISÃO DE LITERATURA

## 1.1. INTRODUÇÃO GERAL

O pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, pertencente à família Caryocaraceae (RAMOS et al., 2015), que produz frutos que podem ser utilizados na alimentação humana, seja na forma in natura, ou após o processamento (conservas, óleos, castanha, licor e outros) (AFONSO et al., 2015).

Os frutos do pequi são utilizados como fonte de renda para comunidades nativas e extrativistas da região do Centro-Oeste do Brasil, sendo então necessários estudos que envolvam a conservação ou recuperação de áreas degradadas utilizadas por essas populações (ROCHA et al., 2015). Dados do IBGE (2019) indicam que o valor produtivo da espécie é de aproximadamente R\$ 20 milhões, com uma produtividade nacional de 27 mil toneladas de frutos.

Ângelo et al. (2012) quantificaram as perdas econômicas causadas pelo desmatamento do Cerrado e concluíram que, anualmente, as perdas relacionadas à comercialização de pequi chegaram a R\$ 922 mil entre os anos de 1990 e 2008. Observa-se uma demanda por frutos dessa espécie na região, sendo assim, a implementação de pomares comerciais de pequi, utilizando-se mudas clonadas, pode ser uma alternativa viável para alguns produtores e também o plantio dessa espécie na forma de integração em áreas de pecuária extensiva.

A produção comercial de mudas de pequi é dificultada por diversos fatores, sendo o principal a dormência das sementes, que resulta em baixos índices de germinação (DOMBROSKI et al., 2010). Outro fator que dificulta a produção de mudas por via seminal é a variabilidade genética das sementes devido as altas taxas de alogamia na espécie, proporcionando mudas e plantações desuniformes (MARTINS et al., 2015).

Buscando superar as limitações da propagação sexual do pequi, estudos foram realizados com métodos de propagação vegetativa, indicando a possibilidade de produção de mudas de pequi com taxas de sucesso de 90% na enxertia de borbulhia de placa (PEREIRA et al., 2002A, B), 20% na estaquia (GUIMARÃES et al., 2019) e 10% na alporquia (LEITE et al., 2007). Dessa forma, a definição de protocolos de propagação clonal de espécies nativas como o pequi é importante na viabilização e implantação de pomares comerciais dessas espécies, como é feito para diversas fruteiras,

como marmeleiro (PIO et al., 2007), pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003), lichieira (LINS et al., 2015) e jabuticabeira (DANNER et al., 2006).

## **1.2.HIPÓTESES E OBJETIVO**

### **1.2.1. HIPÓTESES**

- Alporquia pode ser utilizada na propagação clonal de pequizeiro.
- Diferentes substratos, diâmetro de ramo e época do ano influenciam no processo de rizogênese em alporques realizados em diferentes espécies arbóreas.
- Existe efeito de genótipo (planta matriz) no sucesso da alporquia em pequizeiro.

### **1.2.2. OBJETIVO GERAL**

Esse trabalho teve como objetivo geral avaliar a influência de diferentes fatores no sucesso da alporquia do pequizeiro.

#### **1.2.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Avaliar o efeito de diferentes substratos na sobrevivência, no calejamento, e enraizamento de alporques de pequizeiro;
- 2) Avaliar a influência das características físicas e químicas dos substratos no enraizamento de alporques de pequizeiro;
- 3) Determinar a época do ano mais favorável para alporques em pequizeiros nativos na região do Distrito Federal;
- 4) Avaliar o efeito do diâmetro do caule na porcentagem e vigor de enraizamento de alporques de pequizeiro;
- 5) Avaliar o sucesso da alporquia em diferentes plantas matrizes (genótipos) clonadas e nativas da região do Distrito Federal.

## **1.3.REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.3.1. IMPORTÂNCIA DAS FRUTEIRAS NATIVAS DO CERRADO**

Diversas espécies nativas da região do Cerrado brasileiro são utilizadas como fonte de alimento por populações rurais e urbanas. O pequi, obtido na maioria das vezes por extrativismo, é consumido principalmente em pratos quentes ou após seu processamento na forma de geleias, doces, óleos, sorvete, picolé, licor e outras (VIEIRA et al., 2006). No entanto, devido ao intenso processo de desflorestamento e ao extrativismo excessivo, várias espécies perderam espaço em ambientes naturais, o que pode afetar a perpetuação da espécie em ambientes nativos (MARTINS et al., 2015).

Os frutos do pequizeiro são utilizados por populações como fonte de alimento ou podem ser processados e, posteriormente, comercializados. Esses produtos, durante o período de colheita (novembro a março), correspondem a uma importante fonte de renda para essas populações, demonstrando assim sua importância social (ROCHA et al., 2015). Devido à alta demanda por frutos de espécies nativas e a redução de suas populações em ambientes naturais, estudos envolvendo a propagação e produção de mudas são essenciais na manutenção da viabilidade dessas espécies no futuro.

O potencial comercial do pequizeiro é ascendente, devido às características organolépticas marcantes do fruto que servem para uma infinidade de usos. Afonso et al. (2015) ressaltam importantes aspectos socioeconômicos do pequi, como a produção óleo, polpa, castanha e licor, sendo esses produtos geralmente produzidos em cooperativas na época de safra, o que representa uma estratégia para a economia sustentável. A utilização do pequi vai muito além da alimentação humana, podendo ser utilizado na alimentação animal, sendo o farelo da casca do pequi uma alternativa viável para a alimentação de ruminantes (GERASEEV et al., 2011). Como uso terapêutico, Bezerra et al. (2015) ressaltam os efeitos do pequi no aumento da velocidade de cicatrização em lesões cutâneas em ratos.

Dados do IBGE (2019) mostram que, para o pequi, a produção nacional de frutos foi de aproximadamente 27 mil toneladas, com um valor de produção em torno de R\$ 20 milhões. A produção da amêndoa de pequi foi de 741 toneladas, com um valor produtivo de aproximadamente R\$ 3 milhões. Nota-se que os valores relatados podem não

representar os dados econômicos reais dessa cultura, já que boa parte da produção pode não ter sido quantificada devido à dificuldade de levantamento de dados em ambientes rurais, onde a comercialização do produto é feita muitas vezes de forma informal.

O desenvolvimento de protocolos de propagação vegetativa da espécie *Caryocar brasiliense* Cambess. é importante na produção de mudas clonadas para a formação de pomares comerciais com características uniformes. Visto que estudos relatam a baixa eficiência da propagação por estaquia (RIBEIRO et al., 1996; GUIMARÃES et al., 2019; SOARES et al., 2019), o uso da alporquia pode ser adequado na obtenção de mudas dessa espécie.

### 1.3.2. BOTÂNICA DO PEQUIZEIRO

O pequizeiro pertence à família Caryocaraceae e, na região de cerrado, compreende as espécies *Caryocar brasiliense* Cambess., *C. coriaceum* Wittm., e *C. cuneatum* Wittm., sendo a primeira de maior importância socioeconômica, ocorrendo nos estados de Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará e São Paulo (LOPES et al., 2010).

É uma árvore frutífera de médio porte, podendo atingir mais de 10 m de altura, caducifólia, com folhas compostas por três folíolos recortados, recobertos por uma espessa cutícula, comum em espécies xeromórficas. Os folíolos também apresentam tricomas ao longo das nervuras e da superfície abaxial (RAMOS et al., 2015).

Suas flores são grandes, actinomorfas, hermafroditas, possuem coloração branco-amarelada e são reunidas em cachos contendo até 30 flores (RAMOS e SOUZA, 2011). O pequizeiro é uma espécie alógama, na qual polinização é realizada a noite por morcegos (quiróptera), e a frutificação ocorre a partir do oitavo ano de desenvolvimento da planta (RAMOS e SOUZA, 2011). Por ser alógama, o pequizeiro apresenta uma ampla variabilidade genética (MOURA, CHAVES e NAVES, 2013), podendo assim apresentar alto grau de variabilidade em suas características morfológicas.

O fruto do pequizeiro é uma drupa, contendo geralmente de um a quatro putâmens, com epicarpo coriáceo, carnosos de coloração verde-claro, mas de tom branco, amarelado ou alaranjado quando maduro (LUZ et al., 2011; RAMOS e SOUZA, 2011). Os putâmens

possuem o endocarpo espinhoso, com dimensões entre 4-7 cm de altura e 6-8 cm de diâmetro, com massa média de 120 g (RAMOS e SOUZA, 2011). O putâmen é uma unidade de dispersão, composto pela semente, envolta por um endocarpo rígido e espinhoso, e pelo mesocarpo interno que recobre o endocarpo, sendo essa a parte comestível. No caso do pequi, cada fruto contém de um a quatro putâmens (RAMOS e SOUZA, 2011).

### **1.3.3. FORMAS DE PROPAGAÇÃO**

A propagação de espécies nativas é feita geralmente por sementes e parte dessas espécies não possuem um protocolo de propagação vegetativa bem definido. A propagação comercial de espécies nativas do Cerrado é dificultada por diversos fatores, dentre eles pode-se citar a dormência das sementes, que resulta em baixos índices e velocidade de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012). Além disso, devido a variabilidade genética, as mudas e as plantas adultas podem apresentar desuniformidade no crescimento e na maturação de seus frutos, dificultando a colheita (MARTINS et al., 2015).

Estudos envolvendo a propagação vegetativa do pequizeiro vem sendo realizados com o objetivo de superar as limitações da propagação sexual (VALENTINI et al., 2011; DUTRA et al., 2012; PEREIRA et al., 2017). As principais vantagens relacionadas a propagação vegetativa estão associadas à manutenção da identidade genética da planta matriz (propagação clonal), à maior uniformidade no desenvolvimento das mudas e dos plantios (DIAS et al., 2012; STUEPP et al., 2018). Dessa forma, os métodos de clonagem vêm sendo estudados em pequizeiro e em outras espécies nativas, especialmente via estaquia, porém ainda com baixa taxa de sucesso (LEITE et al., 2007; SANTOS et al., 2013; PEREIRA, 2017).

A estaquia, uma forma de propagação vegetativa, pode ser uma alternativa à propagação por sementes, pois a técnica é de fácil execução e proporciona mudas clonais, que apresentam maior uniformidade de desenvolvimento, facilitando o manejo, e também permite a seleção de genótipos superiores como matrizes (MARTINS et al., 2015; PEREIRA et al., 2017).

A estaquia é feita removendo-se um segmento de caule que pode ou não ser lignificado, da planta matriz e colocando-o para enraizar em um meio/substrato que possibilite o desenvolvimento de suas raízes (PEREIRA et al., 2017). Para maior sucesso no enraizamento, podem ser utilizados reguladores de crescimento, principalmente auxinas sintéticas, que podem induzir um maior calejamento e posterior enraizamento das estacas. No entanto, algumas espécies podem apresentar maior ou menor dificuldade na emissão de raízes, mesmo com o uso de reguladores de crescimento (Hartmann et al., 2014).

A enxertia é uma técnica que consiste na produção de mudas utilizando-se uma planta como porta-enxerto (cavalo), oriunda de semente, e outra como enxerto, propagada por via vegetativa. A enxertia pode ser realizada de diversas formas, sendo as mais comuns a garfagem e a borbulhia. Pereira et al. (2002A) obtiveram, em mudas de pequi, uma taxa de sobrevivência de enxertos de 60% na garfagem e 90% na borbulhia de placa. A propagação via enxertia por borbulhia de placa tem sido usada com sucesso na produção de mudas clonais de pequi (PEREIRA et al., 2002A, B), entretanto nesse método há a necessidade de porta-enxertos (cavalos), que são obtidos de sementes e apresentam variabilidade genética.

A técnica de cultura de tecidos é outra forma de propagação vegetativa que pode ser utilizada na conservação e multiplicação de espécies perenes (PINHAL et al., 2011). Na cultura de tecidos, as plantas são introduzidas à condição *in vitro*, onde são mantidas em condições assépticas. Após a introdução, com auxílio de reguladores de crescimento, principalmente as auxinas e citocininas sintéticas, o material vegetal pode ser multiplicado clonalmente. Após a obtenção dos explantes, estes devem ser mantidos *in vitro* até a emissão de raízes, as quais são essenciais no processo de aclimação, que consiste na fase de retirada das mudas da condição *in vitro* e sua posterior adaptação às condições de campo (PINHAL et al., 2011). Apesar de pouco estudada, a técnica se mostrou, até certo ponto, promissora na multiplicação de algumas espécies nativas, como o pequi (SANTOS et al., 2006).

A técnica da alporquia, que induz a formação de raízes adventícias em partes de caule ainda ligadas à planta mãe, apesar de mais trabalhosa, muitas vezes é mais eficiente que a estaquia na obtenção de mudas, a exemplo do que ocorre em pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003), lichieira (LINS et al., 2015), jabuticabeira (DANNER et al., 2006),

dentre outras espécies. Além disso, a alporquia independe da disponibilidade de infraestrutura específica (casa de nebulização, casa de vegetação etc.) e gera mudas com pré-adaptação ambiental, pois os alporques em contato com o ambiente de campo produzem mudas mais rústicas. Dessa forma, essa técnica pode proporcionar resultados satisfatórios na produção de mudas clonais de qualidade de espécies nativas do Cerrado brasileiro.

### **1.3.3.1. PROPAGAÇÃO SEXUADA**

A propagação comercial de espécies nativas do Cerrado é dificultada por diversos fatores, dentre eles pode-se citar a dormência das sementes, que resulta em baixos índices de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012). Além destes problemas relacionados a propagação sexuada, diversos autores também relatam dificuldade na definição de protocolos de propagação vegetativa de diversas espécies nativas do Cerrado (PEREIRA et al., 2002A; SANTOS et al., 2006; LEITE et al., 2007; PEREIRA, 2017; SOARES et al., 2019).

Grandes amplitudes na taxa de germinação de sementes de pequizeiro são comuns e isso pode estar relacionado ao efeito do genótipo das matrizes, que podem apresentar maiores ou menores níveis de dormência, dentre outros fatores (PEREIRA et al. 2004). Efeitos de matriz na germinação das sementes também são relatados em outras espécies arbóreas (PEREIRA et al., 2004; COSTA et al., 2009).

A propagação por sementes é comum em algumas espécies arbóreas devido à ausência de informações envolvendo outros métodos e, em alguns casos, aos menores custos envolvidos nesse método de propagação (DIAS et al., 2012). A produção comercial de mudas de pequizeiro tem sido feita normalmente por meio de sementes, apesar das diversas dificuldades apresentadas por esse método, incluindo a dormência, que resulta em baixas taxas de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012). A polpa carnosa do fruto (mesocarpo) possui substâncias que impedem a germinação (MELO e GONÇALVES, 1991; NASORY e CUNHA, 2012), sendo necessária a remoção dessa estrutura para o uso das sementes (PEREIRA et al., 2004).

A resistência mecânica do endocarpo também constitui mecanismo de dormência em pequizeiro (ROCHA, 2009). Por fim, há ainda dormência embrionária nessas sementes, que pode ser superada mediante a aplicação exógena de reguladores de crescimento (ROCHA, 2009; DOMBROSKI et al., 2010; SILVA e LEONEL, 2017; SOUSA et al., 2017). Diversos autores observaram aumento significativo na germinação de sementes de pequi expostas a diversas doses de ácido giberélico – GA<sub>3</sub> (PEREIRA et al., 2004; DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012; SOUSA et al., 2017). Entretanto, mesmo na presença dessa substância a taxa de germinação muitas vezes não chega a atingir 50% (NASORY e CUNHA, 2012; SILVA e LEONEL, 2017).

Sousa et al. (2017), avaliando os efeitos do tempo de armazenamento e também da imersão das sementes em diversas doses de GA<sub>3</sub> (0, 50, 100, 500, 1.000 e 2.000 mg L<sup>-1</sup>) por 48 horas, observaram que as taxas de germinação das sementes recém colhidas, submetidas à dose de 50 mg L<sup>-1</sup>, chegaram a 90%, enquanto que a testemunha (dose 0) apresentou 68% de germinação. Para as sementes armazenadas por 20 dias estes autores observaram a maior taxa de germinação (75%) na dose de 1.000 mg L<sup>-1</sup>, e neste caso, maiores doses de GA<sub>3</sub> promoveram uma redução expressiva na germinação.

Nasory e Cunha (2012) e Dombroski et al. (2010) também testando o efeito de GA<sub>3</sub>, em menores concentrações, observaram taxas de germinação variando entre 20% e 54%. Silva e Leonel (2017) relataram taxas relativamente baixas de germinação (35%) em sementes de pequizeiro escarificadas e imersas em solução com 1.500 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. Essa grande amplitude de na taxa de germinação relatada por diversos autores pode estar relacionada ao efeito de diferentes genótipos das matrizes, que podem apresentar maiores ou menores taxas de dormência das sementes (PEREIRA et al., 2004).

### **1.3.3.2. PROPAGAÇÃO ASSEXUADA**

A propagação assexuada, principalmente por estaquia e alporquia, em espécies nativas podem ser uma alternativa à propagação por sementes devido a altas taxas de dormência que estas podem apresentar (SILVA e LEONEL, 2017). Guimarães et al. (2019), avaliando a propagação do pequizeiro por estaquia, concluíram que estacas obtidas de plantas mais jovens, com até seis folíolos possuem maior capacidade de enraizamento (22,5%). Baixas taxas de enraizamento de estacas de gabirola

(*Campomanesia adamantium* Cambess.) foram observadas por Martins et al. (2015) avaliando o efeito de diferentes reguladores de crescimento em estacas lenhosas, sendo que as maiores taxas observadas foram de 30% com o uso de Ácido Indolbutírico (AIB).

A propagação de mangabeira via estaquia foi estudada por Soares et al. (2019), avaliando o efeito do AIB no enraizamento de estacas herbáceas e lenhosas, observando a mortalidade total das mesmas. Pereira et al. (2003) obtiveram 90% de enraizamento de estacas apicais de cagaiteira, mas total insucesso no enraizamento de estacas apicais de pequiheiro, mangabeira e araticum, concluindo que essas espécies são de difícil enraizamento. No entanto, outros autores obtiveram baixos índices de sobrevivência de estacas dessa espécie (RIBEIRO et al., 1996; CUNHA, 1986). Hartmann et al. (2014) argumentam que a dificuldade de enraizamento de estacas e alporques em espécies arbóreas pode estar relacionada à baixa capacidade genética e fisiológica de emissão de raízes adventícias.

A propagação por enxertia é uma técnica que consiste na produção de mudas utilizando-se uma planta como porta-enxerto (cavalo), oriunda de semente, e outra como enxerto, propagada por via vegetativa. A enxertia pode ser realizada de diversas formas, sendo as mais comuns a garfagem e a borbulhia (PEREIRA et al., 2002A). Pereira et al. (2002A) obtiveram, em mudas de pequiheiro, uma taxa de sobrevivência de enxertos de 60% na garfagem e 90% na borbulhia de placa. A propagação via enxertia por borbulhia de placa tem sido usada como alternativa para a produção de mudas clonais de pequiheiro (PEREIRA et al., 2002A, B), entretanto nesse método há a necessidade de produção de porta-enxertos (cavalos), os quais geralmente apresentam características bastante variáveis vez que são obtidos de sementes.

#### **1.3.4. ALPORQUIA**

Essa técnica pode ser exitosa na clonagem de espécies vegetais de difícil enraizamento por estacas (HARTMANN et al., 2014) a exemplo do pequiheiro (GUIMARÃES et al., 2019). A rizogênese é favorecida nessa situação pelo abastecimento constante do caule por água e nutrientes advindos do xilema, que após o anelamento (remoção do floema) fica intacto e pelo acúmulo na região do alporque de fotossintatos e de hormônios provenientes de folhas e gemas (HARTMANN et al. 2014).

No caso da alporquia, a emissão de raízes adventícias ocorre após a indução de uma lesão na camada superficial do ramo (floema). A lesão causada durante o anelamento faz com que as células iniciem sua divisão após alguns dias e posteriormente, com acúmulo de células do parênquima há a formação dos calos (callus), que consistem numa massa de células não diferenciadas (ALFZAL et al., 2017). Após o calejamento, algumas células na região, mediante estímulo hormonal, podem iniciar sua diferenciação e posterior formação de primórdios radiculares (HARTMANN et al., 2014).

O sucesso do enraizamento de propágulos vegetativos ocorre com a emissão de raízes adventícias a partir de gemas (meristemas), que devem passar por desdiferenciação celular (HARTMANN et al., 2014). A desdiferenciação celular é um dos processos iniciais do enraizamento, no qual tecidos já diferenciados (com função definida) iniciam sua divisão celular e formam novas regiões meristemáticas (CUNHA et al., 2009; HARTMANN et al., 2014).

#### **1.3.4.1. REGULADORES DE CRESCIMENTO**

Leite et al. (2007), estudando o efeito de concentrações de AIB (0, 500, 1.000 e 2.000 mg L<sup>-1</sup>) em alporques de pequiheiro, observaram a maior taxa de enraizamento (17%) na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup>. Esses autores argumentam que a baixa taxa de enraizamento pode ter sido causada pela época em que a alporquia foi realizada (final do verão), sendo a primavera o período ideal devido a maior produção de carboidratos e também de hormônios indutores de enraizamento. Dutra et al. (2012) observaram que elevadas concentrações de ácido indolbutírico (6.000 mg L<sup>-1</sup>) geraram 27% de enraizamento em alporques de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arruda). Esses autores também constataram que essa concentração elevada de AIB proporcionou maior número, comprimento, matéria fresca e matéria seca das raízes quando comparado a doses menores desse regulador de crescimento.

Reis et al. (2011) estudando a influência do AIB no enraizamento de alporques de mangabeira concluíram que as diferentes concentrações do AIB não proporcionaram efeito significativo no enraizamento dos alporques. Apesar da baixa taxa de enraizamento (25%), estes autores observaram uma taxa elevada de calejamento (80% em média).

Smarsi et al. (2008), realizando alporquia em lichieira, avaliaram o efeito de doses de AIB (0, 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 mg L<sup>-1</sup>). Esses autores observaram pela análise de regressão para as características de calejamento, enraizamento e número de raízes, um efeito quadrático para as doses de AIB, dessa forma, o melhor resultado foi obtido na dose aproximada de 2.000 mg L<sup>-1</sup>. Resultado semelhante foi relatado na alporquia de *Macleania rupestres* Kunth com uso de AIB, para o número de raízes, a matéria fresca e seca de raízes, onde doses mais elevadas desse regulador de crescimento proporcionaram uma redução nas características avaliadas (DURÁN-CASAS et al., 2013).

Baghel, Raut e Ramteke (2016), testando o uso de AIB na alporquia de goiabeira, em doses variando entre 0 e 10.000 mg L<sup>-1</sup>, observaram uma maior taxa de enraizamento (32% para o controle e 76% na dose 10.000 mg L<sup>-1</sup>) e também uma maior velocidade de enraizamento para alporques submetidos à maior dose. O número de dias necessários para início do enraizamento reduziu de 46 dias no controle para 27 dias no tratamento com maior dose. Esses autores observaram comportamento semelhante para as características de número, comprimento médio, volume, massa fresca e seca das raízes. Baghel, Raut e Ramteke (2016) argumentam que as elevadas doses de AIB podem ter causado a mobilização de carboidratos e compostos nitrogenados que são essenciais a iniciação do desenvolvimento radicular. A aplicação de auxinas sintéticas na região anelada também pode contribuir para um acúmulo de auxinas naturais produzidas nas folhas e nas gemas na região da lesão.

Além do uso de ácido 3-indolbutírico (AIB), alguns autores também avaliam o efeito de outras auxinas sintéticas no enraizamento de alporques, como o Ácido 1-Naftalenoacético (ANA), Ácido 3-Indolacético (AIA), ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D), dentre outras (PAUL e ADITI, 2009; RAMÍREZ-MALAGON et al., 2014). Ramírez-Malagon et al. (2014), testando o efeito dos reguladores ANA, AIA, AIB e 2,4-D, nas doses de 50, 100, 250 mg L<sup>-1</sup> na alporquia de *Prosopis laevigata* (Mesquite), não obtiveram diferenças significativas para a característica de enraizamento, mas observaram um maior número de raízes com o uso do AIB. Irawan e Hardiyanti (2019) também observaram que o AIB proporcionou maior enraizamento, comprimento e número de raízes que o AIA na alporquia de *Eusideroxylon zwageri* (Teijsm & Binn). Dessa forma, para a alporquia de grande parte das espécies arbóreas, o uso do AIB pode proporcionar melhores resultados para a característica de enraizamento quando comparado a outras auxinas sintéticas.

Geralmente os reguladores de crescimento utilizados na alporquia são preparados na forma de solução hidroalcolica (1:1 água/álcool) com pasta de lanolina, e aplicados realizando-se o pincelamento da área anelada (LEITE et al., 2007; SMARSI et al., 2008; BAGHEL, RAUT, RAMTEKE, 2015), mas alguns autores observaram bons resultados para enraizamento ao aplicar a solução contendo o regulador de crescimento diretamente no substrato utilizado na alporquia (IBRAHIM, 2020; EGANATHAN, RAO e ANAND, 2000). Maurya et al. (2013) também observaram elevadas taxas de enraizamento (acima de 90%, em contraste com os 35% obtidos no controle) de alporques de *Blighia sávida* (KD Koenig) quando foi fixado um algodão embebido em solução contendo 2.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB sobre a região anelada previamente à aplicação do substrato.

#### **1.3.4.2. ÉPOCA DE ALPORQUIA**

Com relação à época de realização de alporquia, foram relatadas maiores taxas de calejamento, enraizamento e número de raízes em alporques de jabuticabeira realizados no mês de abril (CASSOL et al., 2015). Esses autores obtiveram 20% de enraizamento de alporques realizados em abril e 0% em alporques produzidos em setembro. O maior enraizamento observado no mês de abril pode ter ocorrido devido à maior presença de carboidratos nos caules da jabuticabeira (período anterior a frutificação) e a maior temperatura ambiental, aumentando a divisão e diferenciação celular (CASSOL et al., 2015). Danner et al. (2006), estudando o efeito de concentrações de AIB e épocas de alporquia em jabuticabeira, observaram 100% de enraizamento em alporques realizados em agosto, outubro e maio com aplicação de 4.000 mg L<sup>-1</sup>.

Lins et al. (2015) observaram, em licheira, um menor enraizamento de alporques realizados em maio (65%) e julho (55% em média) quando comparados aos alporques montados em setembro, novembro, janeiro ou março, todos períodos com mais de 90% de enraizamento.

Pio et al. (2007) avaliando alporquia em marmeleiro nos meses de abril, maio, junho e julho não observaram diferenças significativas na sobrevivência de alporques (sobrevivência média acima de 95%), mas observaram o maior enraizamento de alporques no mês de julho (73%), enquanto os meses de abril e maio foram considerados os piores para alporquia por proporcionarem apenas 12% de enraizamento.

### 1.3.4.3. DIÂMETRO DE CAULE

Sasso, Citadin e Danner (2010) analisaram o efeito do diâmetro de caule no enraizamento de alporques de jaboticabeira. De acordo com esses autores, a taxa de enraizamento de alporques em caules com 2,5 cm de diâmetro foi de 87,5%, enquanto em caules com 1,5 cm de diâmetro foi de 50%. O número e o comprimento de raízes também foram superiores nos caules com maior diâmetro.

Tchoundjeu et al. (2010) observaram taxas de enraizamento de cerca de 47%, em alporques realizados em caules com 2-3 cm ou 4-5 cm de diâmetro em *Irvingia gabonenses* (Aubry-Lecomte), espécie nativa da África. Franco et al. (2005) realizaram a alporquia em caules de lichieira com diâmetros de 10, 20 ou 30 mm e observaram que as mudas obtidas à partir de caules de maior diâmetro (30mm) proporcionaram um maior acúmulo de matéria seca nas raízes, proporcionando mudas de maior qualidade.

Torres et al. (2012), também avaliando o diâmetro de caule na alporquia de três genótipos de *Myrciaria dúbia* (Kunth) McVaugh concluíram, após 90 dias de montagem dos alporques, que os caules de diâmetro grosso (21 a 26 mm) proporcionaram um maior número de raízes (28 raízes em caules grossos e 12 em finos), comprimento de raízes (15 cm em caules grossos e 12 cm em caules finos) e maior número de brotações que os caules de diâmetro fino (15 a 20 mm).

Outra característica que pode influenciar o enraizamento de alporques é o comprimento dos caules. Tchoundjeu et al. (2010) avaliaram o efeito do comprimento dos caules (50, 100, 150 cm) na alporquia de *Irvingia gabonenses* e observaram que os alporques realizados em caules com 100 cm de comprimento apresentaram maior taxa de sobrevivência após 8 semanas de instalação. Os alporques realizados em caules com 150 cm de comprimento apresentaram menores taxas de sobrevivência, mas o processo de enraizamento ocorreu de forma mais rápida (a partir da 2ª semana). Abdul-Hafeez (2020), avaliando a alporquia realizada em caules de diferentes comprimentos na espécie *Conocarpus erectus* (L.) em dois anos (2017 e 2018), observou 100% de enraizamento para esta espécie, independentemente do comprimento de ramo utilizado. No entanto, esse autor observou um maior número e comprimento de raízes nos alporques montados em ramos com 150 cm, independente do período avaliado.

#### 1.3.4.4. SUBSTRATOS

Outro aspecto que influencia a taxa de sucesso da alporquia é o substrato utilizado no envolvimento da região anelada. Um substrato é definido como todo material mineral ou orgânico utilizado em forma pura ou mistura, diferente de um solo natural, que permite o desenvolvimento do sistema radicular de plantas (VALERO et al., 2009). Diversos autores observaram a influência de substratos nas características de sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de diversas espécies (MARÇALLO, ALMEIDA e ZUFELLATO, 2001; DANELUZ et al., 2009; DUTRA et al., 2012).

Dutra et al. (2012), avaliando o efeito de três substratos diferentes (Bioplant®, vermiculita e bagaço de cana) na alporquia de umbuzeiro, concluíram que a vermiculita proporcionou um número de primórdios radiculares maior que os outros substratos avaliados. De forma semelhante, Daneluz et al. (2009), observaram diferenças significativas na característica de enraizamento e número de raízes com diferentes substratos utilizados na alporquia, sendo que a casca de Pinus foi o substrato que proporcionou maior enraizamento (46%).

Da Silva et al. (2017), estudando os substratos Basaplant®, esfagno e fibra de coco no enraizamento de alporques de *Tamarindus indica* L., observaram taxas de enraizamento médias de 30%, 65% e 40% para os respectivos substratos. Lins et al. (2015), avaliando o efeito dos substratos fibra de coco e esfagno concluíram que, em determinadas épocas do ano (setembro e novembro), o uso de fibra de coco pode proporcionar taxas de enraizamento satisfatórias (superiores a 90%) na alporquia de lichieira. Esses autores argumentam que, apesar de não possuir uma presença adequada de nutrientes e matéria orgânica, a fibra de coco possui uma elevada porosidade e alta capacidade de retenção de umidade, possuindo assim características que podem influenciar positivamente o enraizamento de alporques (LINS et al., 2015).

Yakubu, Chukwuma e Awosan (2019) testando a aplicação de solo ou serragem na alporquia de *Dennettia tripetala* (Baker), espécie nativa da África, obtiveram durante a fase de produção de muda em viveiro, um maior diâmetro de caule, maior comprimento e maior número de folhas em mudas produzidas com o substrato solo. Mishra (2014) também utilizou serragem em mistura com solo (1:1) como meio de enraizamento para

alporques de *Citrus aurantifolia* (Swingle) e observaram um aumento no enraizamento de 57% para 80%, quando comparado ao substrato contendo apenas solo. Comportamento semelhante ocorreu após a coleta e plantio dos alporques em embalagens plásticas contendo os substratos, sendo que os alporques plantados em solo apresentaram, 30 dias após o plantio, 48% de enraizamento, enquanto a mistura solo/serragem proporcionou 67% de sobrevivência dos alporques dessa espécie. Os melhores resultados podem ter ocorrido devido a maior aeração e capacidade de retenção de umidade que a mistura de substratos proporcionou.

Eganathan, Rao e Anand (2000) obtiveram 45% de enraizamento realizando alporquia na espécie *Heritiera fomes* (Buch.-Ham.) com o esfagno como substrato e aplicação de 2.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB. Aliyu (2007) comparou o efeito dos substratos solo, areia e serragem, misturados em diferentes proporções na alporquia de ramos novos (com até 6 meses) e velhos (com mais de 12 meses) de cajueiro e concluiu que, para essa espécie, a mistura de solo com areia ou serragem proporcionou os melhores resultados para as características de número de dias para início do enraizamento, número médio de raízes, comprimento da maior raiz quando os ramos eram velhos. Os ramos jovens proporcionaram piores resultados para as características avaliadas por esses autores, independente do substrato utilizado.

Aliyu (2007) também observou que, o substrato contendo apenas serragem, proporcionou taxas de enraizamento relativamente baixas (47%), mas as raízes obtidas neste tratamento apresentavam um bom comprimento e vigor. Esse autor concluiu que, para cajueiro, nenhum dos três substratos testados isoladamente proporcionou as características necessárias para um enraizamento adequado, sendo importante a mistura desses substratos, por proporcionarem melhores atributos físicos e químicos.

Os substratos utilizados na propagação de espécies nativas por alporquia podem influenciar a eficiência do processo de produção de mudas. Por isso, suas características físicas e químicas podem ser determinadas com o objetivo de avaliar sua influência na taxa de sobrevivência de alporques de diversas espécies (BARBOSA et al., 2016). Segundo Zorzeto et al. (2014), uma adequada caracterização do substrato pode facilitar uma padronização de uso em misturas, proporcionando a definição de alguns parâmetros físicos ideais para cada espécie vegetal.

Dentre as características físicas de substratos, a densidade, a porosidade e a capacidade de retenção de água são as mais importantes para produção de mudas por alporquia. Valero et al. (2009) avaliaram as características físicas dos substratos casca de pinus e fibra de coco e observaram que a densidade desses substratos é diferente, 233,7 kg m<sup>-3</sup> e 95,55 kg m<sup>-3</sup> respectivamente, sendo assim, é recomendada utilização de substratos mais densos em misturas para proporcionar características físicas mais adequadas.

Barreto, Testezlaf e Salvador (2012) também estudando características físicas dos substratos fibra de coco e casca de pinus concluíram que a fibra de coco possui uma maior capacidade de retenção de água, mas substratos com elevada capacidade de retenção de água nem sempre são os melhores para produção de mudas devido a não tolerância de raízes de algumas espécies a encharcamento (ZANOTTI et al., 2015).

Para porosidade, Pacheco e Franco (2008) observaram que o substrato turfa, com porosidade total de 0,78 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> foi adequado para a estaquia de *Luehea divaricata* (Mart.), enquanto Schimidtz et al. (2002) recomendam uma porosidade total de 0,85 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> como a ideal para produção de mudas de espécies frutíferas.

Caldeira et al. (1998) afirmam que a produção de mudas de espécies florestais está diretamente relacionada com o “nível de eficiência do substrato”, que é um conjunto de características que devem favorecer o enraizamento e posteriormente a formação radicular. Dentre estas características as principais são: aeração, drenagem, capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes. Pacheco e Franco (2008) afirmam que um substrato adequado para propagação vegetativa deve possuir uma porosidade que proporcione uma boa drenagem e aeração, e também uma densidade não muito elevada, que não cause um impedimento físico ao desenvolvimento radicular.

Dessa forma, a mistura de dois ou mais substratos pode propiciar características físicas mais adequadas ao desenvolvimento radicular (Costa et al., 2017). Substratos de baixa densidade real podem ser utilizados em mistura com outros mais densos, mas por outro lado, excesso de materiais com elevada densidade podem dificultar a manipulação do substrato e, no caso de alporquia, podem ocasionar a quebra de galhos e ramos de menor diâmetro por conta do seu maior peso (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002). Costa et al. (2017) avaliando o efeito da mistura do substrato casca de arroz carbonizada

(CAC) e solo, na propagação de goiabeira por estaquia, observaram uma redução na densidade dos substratos com o incremento das proporções de CAC.

Gonçalves e Poggiani (1996) recomendam a mistura de um substrato orgânico com outro material que proporcione um aumento na porosidade, evitando limitação na aeração e também na capacidade de retenção de água. No entanto, misturas nem sempre são benéficas ao desenvolvimento radicular, sendo que a combinação entre um substrato de baixa granulometria com um material com alta porosidade pode provocar o bloqueio de grande parte dos macroporos, reduzindo a aeração do substrato. Dessa forma, a mistura entre diferentes componentes deve ser avaliada caso a caso, já que a combinação entre dois materiais pode proporcionar características físicas muito distintas dos materiais utilizados de forma isolada.

A densidade de um substrato indica a relação entre a massa e o volume que o mesmo ocupa. A densidade pode ser obtida coletando-se um volume conhecido de substrato, que deve ser posteriormente secado e então pesado. A densidade pode ser dividida em densidade aparente, que é calculada levando-se em conta a porosidade, e a densidade real (partículas), que se refere ao volume de materiais na amostra, desconsiderando o volume de poros (EMBRAPA, 2017).

Diversos estudos envolvendo estaquia indicam que a densidade de substrato pode influenciar a emissão de raiz e seu desenvolvimento em comprimento (PIO et al., 2005; SOUZA, CARNIEL e FOCESATO, 2006; KRATZ et al., 2013; COSTA et al., 2017). A influência da densidade no enraizamento já foi relatada em maracujazeiro (SOUZA, CARNIEL e FOCESATO, 2006), eucalipto (KRATZ et al., 2013), *Paratecoma peroba* (ARAÚJO et al. 2019), dentre outras espécies (PIO et al., 2005). A faixa de densidade recomendada para estaquia parece variar para cada espécie, sendo o intervalo  $0,250 \text{ g cm}^{-3}$  –  $0,35 \text{ g cm}^{-3}$  recomendado por Kratz et al. (2013) e Souza, Carniel e Fochesato (2006). No entanto, Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) afirmam que a densidade adequada para o enraizamento se situa entre  $0,30$  e  $0,80 \text{ g cm}^{-3}$ .

Kratz et al. (2013) relataram que a mistura entre os substratos vermiculita e casca de arroz carbonizada ( $0,29 \text{ g cm}^{-3}$ ) na proporção 1:1 proporcionou um aumento na densidade aparente da mistura ( $0,36 \text{ g cm}^{-3}$ ), sendo que a mistura dos substratos proporcionou uma maior matéria seca de raízes de estacas de eucalipto. Em contraste, Roehrdanz et al. (2019) e Araújo et al. (2019) relataram que substratos de menor

densidade proporcionaram um melhor desenvolvimento das raízes de *Tagetes patula* e *Paratecoma peroba*, respectivamente, demonstrando que a faixa de porosidade ideal varia de acordo com a espécie propagada.

Pio et al. (2005) também observaram um maior enraizamento de estacas de figueira quando enraizadas em substrato com menor densidade aparente. Estes autores observaram 86% de enraizamento de estacas em um substrato de densidade aparente  $0,10 \text{ g cm}^{-3}$ , enquanto um substrato com  $0,25 \text{ g cm}^{-3}$  proporcionou apenas 33% de enraizamento. Os valores de densidade aparente relatados por Pio et al. (2005) estão bem próximos dos indicados como ideais por Pimentel et al. (2016), de  $0,255 \text{ g cm}^{-3}$ .

Substratos com baixa densidade podem proporcionar problemas de fixação das raízes das plantas, favorecendo a desagregação e a quebra de raízes durante a coleta e manuseio dos alporques (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002), mas uma maior densidade também pode proporcionar maior contato entre o substrato e os tecidos vegetais, facilitando a emissão inicial de raízes (LANG e BOTREL, 2008).

A porosidade total de um substrato indica a relação entre o volume total e o volume que pode ser preenchido por água (microporosidade) ou ar (macroporosidade). Dessa forma, a definição desses parâmetros é importante para se compreender outras características físicas como a retenção de água, o movimento de ar e solutos (EMBRAPA, 2017). A microporosidade é definida como o volume de poros com diâmetro inferior a  $0,050 \text{ mm}$  representativa da água retida no substrato, enquanto a macroporosidade, é definida como o volume de poros com diâmetro superior a  $0,050 \text{ mm}$  e representa o espaço livre para movimentação de ar no substrato (poros não capilares) (EMBRAPA, 2017).

Na literatura é relatada uma grande amplitude nos valores de macro e microporosidade para enraizamento de diversas espécies. Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) consideram 25% e 40% os valores ideais para microporosidade e macroporosidade, respectivamente. Chen et al. (2003) relataram que uma macroporosidade abaixo de 10% proporcionou menor comprimento das raízes ( $< 5 \text{ cm}$ ) de estacas de *Epipremnum aureum*, enquanto uma microporosidade superior a 10% proporcionaram maior comprimento das raízes ( $> 8 \text{ cm}$ ).

Para figueira, uma maior porcentagem de enraizamento de estacas ocorre em substratos com aproximadamente 45% de microporosidade (PIO et al., 2005). Estes autores ainda observaram que substratos com microporosidade abaixo de 30% não foram adequados à estaquia, pois proporcionaram menor enraizamento e quantidade de raízes por estaca. Por outro lado, Pimentel et al. (2016) indicam que para ipê-roxo a microporosidade de um substrato deve ser superior a 50%.

Pacheco e Franco (2008) e Bastos et al. (2007) observaram maior comprimento de raiz de estacas enraizadas em substratos com menor microporosidade. Para goiabeira, substratos com porosidade total inferior a 60% proporcionaram uma redução expressiva no sucesso da estaquia (COSTA et al., 2017). Costa et al. (2017) argumentam que substratos com baixa porosidade podem provocar um impedimento físico ao desenvolvimento de raízes, dificultar as trocas gasosas e também a movimentação e drenagem de água.

Schmitz, Souza e Kampf (2002) argumentam que a porosidade total ideal de um substrato deve estar acima de 85%, no entanto Pimentel et al. (2016) recomendam uma porosidade total de cerca de 75%.

O entendimento das características relacionadas a umidade do substrato é relevante devido a importância da água na constituição das estruturas que compõe os órgãos das plantas (TATAGIBA et al., 2009). Dentre os principais parâmetros relacionados a umidade, destacam-se a água disponível, o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo. A água disponível no substrato é definida como o volume de água retido sob tensões entre 10 e 100 cm de coluna d'água (COSTA et al., 2017). A capacidade de campo representa a umidade potencial dos substratos na tensão de 10 kPa, sendo esse o limite de água que um substrato pode reter, dessa forma essa água está prontamente disponível para absorção radicular (EMBRAPA, 2017). O ponto de murcha permanente (PMP) indica a umidade potencial de 1.500 kPa, sendo esse o ponto onde as plantas murcham e não recuperam sua turgidez (TAIZ et al., 2017).

Diversos autores relataram redução no enraizamento e crescimento de raízes em diversas culturas quando enraizadas em substratos com diferentes parâmetros hídricos (MENDONÇA et al., 2010; ZORZETO et al., 2011; ZANOTTI et al., 2015).

A mistura de substratos pode proporcionar aumento ou diminuição, dependendo da combinação, na água disponível para raízes (COSTA et al., 2017). Zorzeto et al. (2011) afirmam que a baixa porosidade em substratos pode causar restrição hídrica devido a reduzida capacidade de retenção de umidade. Estes autores ainda argumentam que o problema de restrição hídrica no substrato pode ser solucionado com aumento na frequência de irrigações. A faixa de água disponível ideal em um substrato situa-se entre 24 e 40% (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002; PACHECO e FRANCO, 2008).

Mendonça et al. (2010) avaliando o sucesso da estaquia de amoreira observaram que substratos com baixa capacidade de retenção de água podem dificultar o enraizamento dessa espécie. Por outro lado, Zanotti et al. (2015) argumentam que o substrato fibra de coco pode ter sido inadequado à propagação de *Schlumbergera truncata*, uma espécie cactácea, devido a sua elevada capacidade de retenção de água, sendo que as raízes dessa espécie não toleram encharcamento.

Tatagiba et al. (2009) observaram que clones de eucalipto produziram maior matéria seca de parte aérea e raízes quando enraizados em substratos com maior disponibilidade hídrica, indicando que para eucalipto a restrição hídrica pode ser limitante ao desenvolvimento de mudas. Em contraste, De Souza Diniz et al. (2015), avaliando a produção de porta enxertos de goiabeira em diferentes substratos, observaram que o uso de um substrato com menor capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível proporcionaram maior matéria seca de raízes e, de forma geral, uma melhor produção de porta enxertos dessa espécie.

Substratos com características químicas adequadas podem proporcionar maior absorção e aproveitamento dos nutrientes (GONÇALVES et al., 2014), proporcionando, conseqüentemente, mudas de melhor qualidade. Fornes e Belda (2019) afirmam que as principais características de substratos que favorecem a resposta positiva na propagação vegetativa são as características físicas (porosidade e densidade), químicas (presença e disponibilidade de nutrientes) e físico-químicas (pH, CTC e condutividade elétrica). Dessa forma, a determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes pode proporcionar um melhor entendimento das respostas observadas para características de enraizamento em estaquia e alporquia.

Cálcio e magnésio são nutrientes importantes no enraizamento e posterior desenvolvimento de raízes (BAKHT et al., 2015), sendo o cálcio importante no

desenvolvimento e funcionamento de diversos processos de absorção nas raízes, e o magnésio atua na formação de raízes. Sendo assim, teores adequados de cálcio e magnésio podem induzir um enraizamento mais adequado, proporcionando mudas de melhor qualidade. A influência de teores mais elevados de cálcio e magnésio no enraizamento de estacas já foi relatado em *Schefflera arboricola* (Bakht et al. ,2015), batata doce (ICHIKAWA, FERNANDES e MOTA, 2019), eucalipto (CUNHA et al., 2009), dentre outras espécies (GIEL e BOJARZUK, 2010).

Da Silva et al. (2012) observaram um maior acúmulo de matéria seca na raiz de estacas de *Hyptis suaveolens* L. em substratos contendo maiores teores de fósforo (265 mg dm<sup>-3</sup>). Estes autores ainda observaram uma elevada taxa de enraizamento em substratos com elevada porosidade, mas baixo acúmulo de matéria seca nas raízes devido aos baixos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos mesmos, demonstrando assim que o substrato pode proporcionar boa porcentagem de enraizamento, mas apresentar características físicas e químicas inadequadas ao seu desenvolvimento em comprimento e volume. Assim, o sucesso na propagação depende tanto de características físicas adequadas, como também de características químicas.

Khandan-Mirkohi, Schenk e Fereshtian (2015), avaliando a aplicação de fósforo de forma suplementar no substrato utilizado na estaquia de *Euphorbia pulcherrima* relataram uma maior matéria seca quando as doses de fósforo foram superiores a 35 mg por litro de substrato.

Barbosa et al. (2016) testando a aplicação de diferentes doses de soluções nutritivas contendo macro e micronutrientes na propagação de *Khaya anthotheca* por alporquia observaram que a aplicação da solução contendo 100% da concentração proporcionou 75% de enraizamento, enquanto a aplicação da solução em 25% da dose promoveu apenas 55% de enraizamento.

Pacheco e Franco (2008) observaram que a estaquia de *Luehea divaricata* é influenciada pelas características químicas dos substratos utilizados no seu enraizamento. Estes autores obtiveram maior sucesso na estaquia em substratos contendo maiores teores de potássio, fósforo, cálcio e matéria orgânica.

Osterc et al. (2000) observaram um efeito quadrático para o enraizamento de estacas de cerejeira em função da suplementação de potássio aplicada no substrato de

enraizamento. Estes autores relataram um enraizamento de 70% com a aplicação de 0,59% de potássio, enquanto as doses de 0,72% e 0,53% proporcionaram um enraizamento de 24% e 62% respectivamente.

Fornes, Mendoza-Hernandez e Belda (2013), avaliando a estaquia de *Euonymus japonicus* e *Lavandula angustifolia* obtiveram uma resposta quadrática entre a porcentagem de enraizamento e o teor de sódio e potássio presentes nos substratos, sendo que doses de potássio superiores a 5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  acarretaram uma redução de 40% no enraizamento, e também as doses de sódio acima de 1,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  também proporcionaram redução no enraizamento. Mendoza-Hernandez, Fornes e Belda (2014) relataram teores mais baixos de potássio (3,8  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e sódio (0,86  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) como limites para a estaquia de *Rosmarinus officinalis* L.

Chen et al. (2003), avaliando o efeito de características físicas e químicas de substratos na estaquia de *Epipremnum aureum* observaram que as características físicas e químicas de substratos não influenciaram a porcentagem de enraizamento das estacas, mas estes autores relataram um aumento do comprimento médio de raízes quando o substrato utilizado possuía porosidade total acima de 60%, adicionalmente, também foi observado que o comprimento de raízes foi superior nos substratos com teor de sódio abaixo de 100 ppm e para potássio, substratos com teores acima de 1.000 ppm foram limitantes ao desenvolvimento das raízes em comprimento.

Da Silva et al. (2012) observaram que estacas de *Hyptis suaveolens* L. apresentaram menor porcentagem de enraizamento e comprimento de raiz em um substrato com um elevado teor de sódio em sua composição (82  $\text{mg dm}^{-3}$ ). Resultado semelhante foi observado em estaquia de café (BERILLI et al., 2018) e *Schlumbergera truncata* Haw (ZANOTTI et al., 2015).

Fornes, Mendoza-Hernandez e Belda (2013), por meio da análise da regressão, observaram um efeito quadrático para a relação entre a matéria seca de raízes de *Euonymus japonicus* propagadas por estaquia e diferentes teores de potássio e sódio presentes em misturas de substratos, sendo os substratos com teores mais elevados destes nutrientes os piores para a propagação dessa espécie.

Zanotti et al. (2015) relataram um menor desenvolvimento de brotos de *Schlumbergera truncata* Haw quando enraizados em substrato composto por fibra de

coco. Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) avaliaram o enraizamento de estacas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função de diferentes teores de potássio e sódio, e observaram uma redução expressiva do enraizamento nessa espécie com maiores doses desses nutrientes. Por meio da análise da regressão, estes autores observaram comportamento quadrático para a relação entre o enraizamento dessas estacas e as doses de potássio e sódio. Gonçalves et al. (2014), estudando a aplicação de materiais orgânicos em substratos utilizados na propagação de *Ateleia glazioviana* por sementes observaram uma redução no ISNa quando foram utilizados maiores teores de substrato comercial à base de vermiculita e casca de pinus, dessa forma a mistura de substratos comerciais com fibra de coco podem proporcionar uma redução na toxidez do substrato devido a elevados teores de salinidade.

Outra característica química muito relacionada à presença de nutrientes no substrato é a CTC. A CTC é definida como a soma das cargas nas partículas do solo, sendo um parâmetro indicativo, de forma geral, da fertilidade do substrato, visto que os principais cátions presentes nos substratos são nutrientes importantes, notadamente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ . (KRATZ et al., 2013).

Uma elevada CTC proporciona maior capacidade do substrato de disponibilizar potássio, cálcio e magnésio às raízes das plantas, sendo assim uma característica importante na escolha de um bom substrato para a alporquia. A presença dos cátions citados anteriormente pode proporcionar uma condição mais favorável ao desenvolvimento de raízes adventícias (MAHLAMBI et al., 2019). Penningsfeld (1983) afirma que um substrato adequado deve possuir CTC superior a  $12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Em contraste, Gonçalves e Poggiani (1996) defendem que uma CTC adequada é superior a  $20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Da Silva et al. (2012) observaram que para a estaquia de *Hyptis suaveolens* L., os substratos com menores valores de CTC proporcionaram melhores taxas de sobrevivência de estacas. Esses autores também observaram melhor enraizamento em substratos contendo menores teores de água disponível.

Mahlambi et al. (2019) observaram que o uso de areia em mistura com outros substratos proporcionou uma redução expressiva na CTC, e por consequência, foi observada uma redução no desenvolvimento de raízes de estacas de goiabeira,

demonstrando que misturas de substratos nem sempre são benéficas ao desenvolvimento de raízes.

Uma maior Capacidade de Troca de Cátions (CTC) proporcionou aumento na matéria seca de parte aérea de estacas de *Luehea divaricat* (PACHECO e FRANCO, 2008). Estes autores afirmam que a CTC pode ser um parâmetro confiável na escolha de um substrato, visto que esta característica indica a quantidade de nutrientes (cátions) presentes.

#### **1.3.4.5. OUTRAS CARACTERÍSTICAS**

Cassol et al. (2015) avaliaram o efeito de diferentes filmes que envolvem o alporque, e obtiveram diferenças significativas entre as embalagens testadas. Esses autores observaram que o uso de filme plástico transparente, revestido com papel-alumínio proporcionou enraizamento (8,69%), comprimento (1,98 cm) e número de raízes (0,61) superior ao tratamento com apenas o filme plástico transparente (2,25%, 0,16 cm e 0,23, respectivamente). Este fato pode ter ocorrido devido à maior retenção de calor e também à ausência de luz, que favorece o enraizamento na região do alporque.

Yeo et al. (2011), avaliaram a aplicação de um produto comercial a base de AIB, com concentração de 8.000 ppm, em alporques realizados em *Fagraea auriculatum* (Jack), espécie ameaçada de extinção no sudeste da Ásia e observaram que esse produto comercial proporcionou maior porcentagem de enraizamento (95%) e velocidade de enraizamento. Esses autores também observaram efeito significativo do número de folhas no enraizamento de alporques dessa espécie, principalmente devido a intensa produção de auxinas nas folhas jovens. Além disso, estes autores, com o objetivo de simplificarem a metodologia empregada na aplicação da técnica da alporquia, tentaram desenvolver uma metodologia que dispensa o uso de substrato na alporquia, e obtiveram resultados positivos, com elevada taxa de enraizamento dos alporques, mas estes apresentaram uma velocidade de desenvolvimento inferior (3 meses) em comparação à técnica padrão (1,5 mês) (YEO et al., 2011).

Os fatores genéticos (genótipos) podem influenciar o sucesso da alporquia em diversas espécies arbóreas, dentre elas oliveira (REHMAN et al., 2013; ALFZAL et al.,

2017; ZAMAN et al., 2017) e lichieira (SATISH et al., 2014; KHAN et al., 2016). Alfzal et al. (2017) observaram diferenças significativas para as características de velocidade de calejamento, enraizamento, número de raízes e comprimento de raízes avaliando diferentes cultivares de oliveiras do Paquistão. Esses autores avaliaram algumas cultivares comerciais e um genótipo local (nativo), e observaram que o genótipo nativo apresentou os piores resultados para as características de velocidade de calejamento e enraizamento, número e comprimento de raízes. Esses resultados podem ter ocorrido devido às características genéticas selvagens do genótipo nativo, pouco domesticado. Zaman et al. (2017) e Rehman et al. (2013), avaliaram algumas das cultivares estudadas por Alfzal et al. (2017) e observaram resultados semelhantes.

Khan et al. (2016) observaram diferenças significativas, na alporquia de lichieira, para as características de enraizamento, número e comprimento de raízes entre duas cultivares distintas. A cultivar “Surriya” apresentou 80% de enraizamento, enquanto a cultivar “Golla” apresentou cerca de 65%. Para o número e comprimento de raiz, os autores relataram 9,5 e 3,35 cm (“Surriya”) e 7,92 e 2,91 cm (“Golla”), respectivamente.

A produção de mudas seminais de pequi é dificultada por suas sementes serem recalcitrantes, não podendo ser secadas para armazenamento, e também a polpa do fruto apresenta substâncias que podem dificultar a germinação das sementes (REIS, 2011), proporcionando elevado grau de dormência de suas sementes e tem como inconveniente a alta variabilidade genética para fins de cultivo comercial. Isso pode ser contornado pela propagação vegetativa, pois as mudas clonais mantêm as características genéticas da planta matriz, propiciando uniformidade no desenvolvimento, precocidade e garantia de qualidade da produção.

## 1.4.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAFEEZ, E. Y. Production of high quality air-layers from *Conocarpus erectus* L. in response to IBA and *Bacillus subtilis*. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 47, n. 1, p. 29-39, 2020.

AFONSO, S.R. et al. Caracterização da produção de pequi em Japonvar, MG. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 49-56, 2015.

AFZAL, F. et al. Growth response of olive cultivars to air layering. **Pure and Applied Biology**, v. 6, n. 4, p. 1403-1409, 2017.

ALIYU, O. M. Clonal propagation in cashew (*Anacardium occidentale*): effect of rooting media on the rootability and sprouting of air-layers. **Tropical Science**, v. 47, n. 2, p. 65-72, 2007.

ÂNGELO, H. et al. Valoração econômica da depredação do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Cerrado brasileiro. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

ARAÚJO, E. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of Paratecoma peroba. **Cerne**, v. 25, p. 314-325, 2019.

BAGHEL, M.; RAUT, U. A.; RAMTEKE, V. Effect of IBA concentrations and time of air-layering in guava cv. L-49. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 1, p. 117-120, 2016.

BAKHT, B. et al. Interactive effect of calcium and magnesium on growth of *Schefflera arboricola* cuttings. **Pure and Applied Biology**, v. 4, n. 4, p. 568-574, 2015.

BARBOSA, J. et al. Propagation of *Khaya anthotheca*: interspecific grafting with *Swietenia macrophylla* and air layering. **Cerne**, v. 22, p. 475-484, 2016.

BARRETO, C. V. G.; TESTEZLAF, R.; SALVADOR, C. A. Dinâmica do potencial matricial em substratos de pinus e coco sob ação da capilaridade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 26-31, 2012.

BASTOS, L. P. et al. Cultivo in vitro de Mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 1122-1124, 2007.

BERILLI, S. S. et al. Effect of substrate treated with tannery sludge on growth and anatomy of conilon coffee cuttings. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-10, 2018.

BEZERRA, N.K.M.S.; BARROS, T.L.; COELHO, N.P.M.F. A ação do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) no processo cicatricial de lesões cutâneas em ratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p. 875-880, 2015.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v. 28, n. 1/2, 1998.

CASSOL, D. A. et al. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 267-272, 2015.

CASTRO, L. A. S.; SILVEIRA, C. A. P. Propagação vegetativa do pessegueiro por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 368-370, 2003.

CHEN, J. et al. Rooting foliage plant cuttings in compost-formulated substrates. **HortTechnology**, v. 13, n. 1, p. 110-114, 2003.

COSTA, J. C. F. et al. Caracterização física de substratos orgânicos para o enraizamento de estacas de goiabeira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.2, p.16-23, 2017

COSTA, R. B. et al. Variabilidade genética para o caráter germinação em matrizes de teca, no Município de alegre, ES. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 59, p. 57, 2009.

CUNHA, A. C. M. C M. et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-35, 2009.

CUNHA, M. C. L. **Estudo de preservação do poder germinativo de sementes, enraizamento de estacas e anatomia da rizogênese em *Eugenia dysenterica* DC.** 1986. 95 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

DA SILVA, M. S. C. et al. Substrates and indolebutyric acid (IBA) concentrations in air-layering rooting of Tamarind tree. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2926-2932, 2017.

DA SILVA, R. B.G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012.

DANELUZ, S. et al. Propagação da figueira 'Roxo de Valinhos' por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 285-290, 2009.

DANNER, M. A. et al. Enraizamento de jabuticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DE SOUSA DINIZ, M. B. V. et al. Crescimento de porta-enxertos de goiabeira influenciado por doses de biofertilizante, tipo e volume de substrato. **Científica**, v. 43, n. 2, p. 165-178, 2015.

DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453, 2012.

DOMBROSKI, J. L. D. et al. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **CERNE**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.

DURAN-CASAS, S. et al. Evaluation of uva camarona (*Macleania rupestris* Kunth A.C. Smith) propagation with air layering. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 31, n. 1, p. 18-26, 2013.

DUTRA, T. R. et al. Ácido indolbutírico e substratos na alporquia de umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 424-429, 2012.

EGANATHAN, P.; RAO, C. S.; ANAND, A. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. **Wetlands Ecology and Management**, v. 8, n. 4, p. 281-286, 2000.

FORNES S. F.; MENDOZA-HERNANDEZ, D.; BELDA N. R. M. Compost versus vermicompost as substrate constituents for rooting shrub cuttings. **Spanish journal of agricultural research**, v. 11, n. 2, p. 518-528, 2013

FORNES, F.; BELDA, R. M. Use of raw and acidified biochars as constituents of growth media for forest seedling production. **New Forests**, v. 50, n. 6, p. 1063-1086, 2019.

FRANCO, C. F. et al. Uso da poda e de diferentes diâmetros de alporques sobre o desenvolvimento e o acúmulo de nutrientes de mudas de lichieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 491-494, 2005.

GERASEEV, L.C. et al. Cinética da degradação ruminal de dietas contendo farelo de casca de pequi. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1626-1631, 2011.

GIEL, P.; BOJARCZUK, K. Effects of high concentrations of calcium salts in the substrate and its pH on the growth of selected *rhododendron* cultivars. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 80, n. 2, 2011.

GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 339-348, 2014.

GONÇALVES, L. M; POGGIANI, F. **Substratos para produção de mudas florestais**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindoia, 1996. Resumos... Piracicaba, Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

GUIMARÃES, R. N. et al. Vegetative propagation of pequi (souari nut) by cutting. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, 2019.

HARTMANN, H. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 559p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/16/0>>. Acesso em 12/02/2021.

IBRAHIM, O. H. M. Developing air layering practices for propagation of *Dracaena marginata* lam. utilizing phloroglucinol and seaweed extract as IBA-synergists or alternatives. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 7, n. 2, p. 185-197, 2020.

IRAWAN, B.; HARDIYANTI, R. P. T. R. A. Effects of Indole Acetic Acid (IAA) and Indole Butyric Acid (IBA) to the growth and rooting of Ironwood (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm. & Binn.) air layering. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**, v. 25, n. 2, p.126-134, 2019.

KHAN, N. et al. Response of Litchi cultivars to rooting through air layering in different growth media. **Pure and Applied Biology**, v. 5, n. 4, p. 1, 2016.

KHANDAN-MIRKOHI, A.; SCHENK, M.; FERESHIAN, M. Study on phosphorus supply management of poinsettia grown in peat-based substrate. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 179-188, 2015.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, p. 1103-1113, 2013.

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. Desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 1, n. 1, p. 107-117, 2008.

LEITE, G. L. D. et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 315-320, 2007.

LINS, L. C. R. et al. THE LYCHEE TREE PROPAGATION BY LAYERING. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 480-487, 2015.

LUZ, G. R. et al. Caracterização física de frutos e putâmens e taxa de ataque por *Carmentia* sp. a pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.) no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 746-756, 2011.

MAHLAMBI, N. et al. Effects of Propagation Media and Branch Orientation on Rooting of Guava (*Psidium guajava* L.) Shoots Propagated by Air Layering in a Sub-tropical Environment. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-9, 2019.

MARÇALLO, F. A.; ALMEIDA, R. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação da espiroleira por meio da técnica da alporquia em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1-2, 2001.

MARTINS, W. A. et al. Estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 58-64, 2015.

MAURYA, R. P.; LEWIS, D. M.; CHANDLER, J. St. A. Studies on the Propagation of Jamaican Ackee (*Blighia sapida* L.) by Air-layering. **HortScience**, v. 48, n. 10, p. 1298-1300, 2013.

MENDONÇA, V. et al. Substratos no enraizamento de estacas de amoreira, *Morus alba* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 5, 2010.

MENDOZA-HERNÁNDEZ, D.; FORNES, F.; BELDA, R. M. Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. **Scientia Horticulturae**, v: 178, p: 192–202. 2014

MISHRA, S. Effect of different rooting media on survival and success of air layers in kagzilime. **Annals of Plant and Soil Research**, v. 16, n. 3, p. 264-267, 2014.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Caracterização física de frutos de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb) do cerrado. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 905-912, 2013.

NASORRY, D. C.; CUNHA, M. F. Quebra da dormência e emergência de plântulas de sementes de pequi, *Caryocar brasiliense*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 46, 2012.

OSTERC, G. et al. The effect of the mineral nutrition and pH of the rooting substrate on rooting and mineral content of cherry rootstock greencuttings. **PHYTON-HORN-**, v. 40, n. 4, p. 153-156, 2000.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1900-1906, 2008.

PAUL, R.; ADITI, C. IBA and NAA of 1000 ppm induce more improved rooting characters in air-layers of waterapple (*Syzygium javanica* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 15, n. 2, p. 123-128, 2009.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den Gartenbau, besonders in Deutschland:— Ein kritischer Überblick. **Plant and Soil**, v. 75, n. 3, p. 269-281, 1983.

PEREIRA, A. V. et al. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de pequi. **Embrapa Cerrados - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2002A.

PEREIRA, A. V. et al. Enxertia de mudas de pequi. **Embrapa Cerrados - Documentos (INFOTECA-E)**, 2002B.

PEREIRA, A. V. et al. Quebra da dormência de sementes de pequi. **Embrapa Cerrados - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2004.

PEREIRA, E. B. C. et al. Enraizamento de estacas de fruteiras nativas do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 11, 2003.

PEREIRA, L. D. et al. Propagação de gabirobeiras via estaquia associada ao ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 19-25, 2017.

PIMENTEL, N. et al. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 996-1002, 2016

PINHAL, H. F. et al. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1136-1142, 2011.

PIO, R. et al. Propagação do marmeleiro 'Japonês' por estaquia e alporquia realizadas em diferentes épocas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 570-574, 2007.

RAMÍREZ-MALAGÓN, R. et al. Air layering and tiny-air layering techniques for mesquite [*Prosopis laevigata* (HB ex Willd.) Johnst. MC] tree propagation. **Arid Land Research and Management**, v. 28, n. 1, p. 118-128, 2014.

RAMOS, B. H. et al. Anatomy and micromorphometry of *Caryocar brasiliense* leaves. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 87-94, 2015.

- RAMOS, K. M. C.; SOUZA, V. A. B. Características físicas e químico-nutricionais de frutos de pequi ( *Caryocar coriaceum* Wittm.) em populações naturais da região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 500-508, 2011.
- REHMAN, M. et al. Response of olive cultivars to air-layering at various timings. **Pakistan J of Agriculture Sci**, v. 50, n. 4, p. 555-558, 2013.
- REIS, L. L. **Propagação de *Hancornia speciosa* Gomes – Apocynaceae, por alporquia e micropropagação**. 2011. 105 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2011.
- RIBEIRO, J. F. et al. Propagação de fruteiras nativas do cerrado. **Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de cerrados**. Planaltina: EMBRAPAC/PAC, p. 55-80, 1996.
- ROCHA, J.P. **Fatores genéticos e ambientais na emergência de plântulas de pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2009. 45 p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.
- ROCHA, L. B. et al. Gallic acid as the major antioxidant in pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 592-598, 2015.
- ROEHRDANZ, M. et al. Co-composted hydrochar substrates as growing media for horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 96-103, 2019.
- SANTOS, B. R. et al. Micropropagação de pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 293-296, 2006.
- SANTOS, F. S. et al. A cultura do Pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.). **Acta Iguazu**, v. 2, n. 3, p. 46-57, 2013.
- SASSO, S.A.Z.; CITADIN, I.; DANNER, M.A. Propagação de jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, 2010.

SATISH, C. et al. Response of IBA concentrations and application dates on the performance of air layering in litchi cultivars. **International Journal of Basic and Applied Agricultural Research**, v. 12, n. 3, p. 460-465, 2014.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, p. 937-944, 2002.

SILVA, E. C.; LEONEL, L. V. Avaliação da germinação de sementes de pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) submetidas em diferentes concentrações de ácido giberélico. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 2, p. 217-223, 2017.

SINGH, S.; ANSARI, S. A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2014.

SMARSI, R. C. et al. Concentrações de ácido indolbutírico e tipos de substrato na propagação vegetativa de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2008.

SOARES, F. S. et al. Estaquia e anatomia caulinar de mangabeira. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 1, p. 82-89, 2019.

SOUSA, A. M. S. et al. Germination and storage of *Caryocar brasiliense* seeds. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 557-569, 2017.

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, 2006.

STUEPP, C. A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 985-1002, 2018.

TAIZ, L; et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TATAGIBA, S. D. et al. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 17, n. 3, 2009.

TCHOUNDJEU, Z. et al. Domestication of *Irvingia gabonensis* (Aubry Lecomte) by air layering. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 2, n. 7, p. 171-179, 2010.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.

TORRES, J. O. L.; CORREA, S. I.; RÍOS, J. A. S. Effect of location and diameter of the branch in three genotypes of *Myrciaria dubia* (HBK)" camu camu" for vegetative propagation by air layering. **Scientia Agropecuaria**, v. 3, n. 3, p. 225-233, 2012.

VALENTINI, C. M. A. et al. Propagação de *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae) por estaquia caulinar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 495-501, 2011.

VALERO, R. M. M. et al. Physical characterization of two organic substrates for plants and the estimate of water content through the time domain reflectometry. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 571-574, 2009.

VIEIRA, R.F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320p.

YAKUBU, F. B.; CHUKWUMA, E. C.; AWOSAN, E. A. Impact of Media on Air-layering in the Propagation of *Dennettia tripetala* (Annonaceae), and Its Micro-morphological Characteristics. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 11, n. 4, p. 392-399, 2019.

YEO, C. K. et al. Air-layering: a suitable method for mass-propagating the nationally critically endangered *Fagraea auriculatum* Jack (Gentianaceae). **Nature in Singapore**, v. 4, p. 383-392, 2011.

ZAMAN, W. et al. Response of Varieties to Air-Layering in Olive Cultivars. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v. 3, n. 2, p. 51-56, 2017.

ZANOTTI, R. F. et al. Propagação de *Schlumbergera truncata* (Haw): alternativas ao uso do xaxim. **REVISTA AGRO@ MBIENTE ON-LINE**, v. 9, n. 3, p. 337-341, 2015.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v.73, n.3, p.300-311, 2014.

---

## **EFEITO DO DIÂMETRO DO CAULE**

## RESUMO

A propagação seminal do pequiheiro é dificultada pela dormência e baixa germinação das sementes e gera grande variabilidade genética das mudas dos plantios, mostrando a necessidade do desenvolvimento de técnicas para a propagação vegetativa dessa espécie. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia da técnica de alporquia, bem como o efeito do diâmetro do caule e da planta matriz na sobrevivência, no calejamento e no enraizamento de alporques de pequiheiro. O processo de alporquia foi realizado em meados de dezembro de 2019, nos seguintes diâmetros de caule: inferior a 15 mm; 15-19 mm; 20-24 mm; 25-29 mm e superior a 29 mm. Os tratamentos foram testados em quatro repetições de 10 alporques em cada uma das quatro plantas matrizes (blocos). Após três meses, avaliou-se o percentual de sobrevivência, de calejamento e de enraizamento, além do vigor de enraizamento. As porcentagens de sobrevivência e de calejamento nos alporques, independentemente da planta matriz, foram superiores a 85%, mostrando o grande potencial dessa técnica na reprodução de pequiheiro. A taxa de diferenciação de calos em raízes variou entre as matrizes. Os ramos com diâmetros de caule de 20 a 24 mm foram os mais adequados para a alporquia em pequiheiro. Esses resultados indicam o potencial da alporquia para a propagação do pequiheiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Caryocar brasiliense*, propagação de plantas, clonagem, enraizamento.

## ABSTRACT

Seed propagation of pequiizeiro (*Caryocar brasiliense*) has many disadvantages, including low germination rates and high genetic variability of the resulting plants. Therefore, vegetative propagation techniques, such as the air layering process, are potentially important for this species. This study evaluated the effects of stem diameter and parental plant on the air layering efficacy of pequiizeiro. The air layering process was carried out in mid-December 2019, in the following stem diameters: less than 15 mm; 15-19 mm; 20-24 mm; 25-29 mm and above 29 mm. The treatments comprised four replicates of 10 air layers. After 3 months, the percentages of survival, callus formation and rooting were evaluated, in addition to the rooting vigor. The percentages of survival and callus formation observed in the air layering, regardless the parental plant, were higher than 85%, showing the high potential of this technique in the propagation of pequiizeiro. The callus differentiation rate in roots varied between the parental plants. Considering the evaluated parameters, stem diameters ranging from 20 to 24 mm are the most suitable ones for the air layering process in pequiizeiro. These results indicated the high potential of the air layering technique for the commercial propagation of pequiizeiro.

**KEY-WORDS:** callus formation, plant propagation, rooting, stem diameter.

## 1.1.INTRODUÇÃO

O potencial comercial do pequi é ascendente, devido às características organolépticas marcantes do fruto que servem para uma infinidade de usos. Afonso et al. (2015) ressaltam importantes aspectos socioeconômicos do pequi, como a produção óleo, polpa, castanha e licor, sendo esses produtos geralmente produzidos em cooperativas na época de safra, o que representa uma estratégia para a economia sustentável. A utilização do pequi vai muito além do uso humano, podendo ser utilizado na alimentação animal, sendo o farelo da casca do pequi uma alternativa viável para a alimentação de ruminantes (GERASEEV et al. 2011). Como uso terapêutico, Bezerra et al. (2015) ressaltam os efeitos do pequi no aumento da velocidade de cicatrização em lesões cutâneas em ratos.

A propagação por via sexual é comum em algumas espécies arbóreas devido à ausência de informações envolvendo outros métodos e, em alguns casos, aos menores custos envolvidos nesse método de propagação (DIAS et al. 2012). A produção comercial de mudas de pequi tem sido feita normalmente por meio de sementes, apesar das diversas dificuldades apresentadas por esse método, incluindo a dormência, que resulta em baixas e muitas vezes erráticas taxas de germinação (DOMBROSKI et al. 2010, NASORY e CUNHA 2012). A polpa carnosa do fruto (mesocarpo) possui substâncias que impedem a germinação (NASORY e CUNHA 2012), sendo necessária a realização da fermentação dessa estrutura para o uso das sementes (PEREIRA et al. 2004). A resistência mecânica do endocarpo também constitui mecanismo de dormência em pequi (ROCHA 2009). Por fim, há ainda dormência embrionária nessas sementes, que pode ser superada mediante a aplicação exógena de reguladores de crescimento (ROCHA 2009, DOMBROSKI et al. 2010, SILVA e LEONEL 2017, SOUSA et al. 2017). Diversos autores observaram aumento significativo na germinação de sementes de pequi expostas a diversas doses de ácido giberélico (DOMBROSKI et al. 2010, NASORY e CUNHA, 2012, SOUSA et al. 2017). Entretanto, mesmo na presença dessa substância a taxa de germinação muitas vezes não chega a atingir 50% (NASORY e CUNHA 2012, SILVA e LEONEL 2017).

Grandes amplitudes na taxa de germinação de sementes de pequi são comuns e isso pode estar relacionado ao efeito do genótipo das matrizes, que podem apresentar maiores ou menores níveis de dormência, entre outros fatores (PEREIRA et al. 2004).

Efeitos de matriz na germinação das sementes também são relatados em outras espécies arbóreas (PEREIRA et al. 2004, COSTA et al. 2005, COSTA et al. 2009).

Considerando as elevadas taxas de alogamia nas flores de pequizeiro, mudas produzidas de forma seminal apresentam grande variabilidade genética, o que acarreta enorme variabilidade fenotípica nos pomares. Para atenuar esses efeitos, a propagação via enxertia tem sido usada como alternativa para na produção de mudas (PEREIRA et al. 2002A, B). Entretanto, nesse método há a necessidade de produção de porta-enxertos (cavalos) os quais geralmente apresentam características bastante variáveis vez que são obtidos de sementes.

Estudos envolvendo a propagação vegetativa de espécies arbóreas vem sendo realizados com o objetivo de superar as limitações da propagação sexual (VALENTINI et al. 2011, DUTRA et al. 2012, PEREIRA et al. 2017). As principais vantagens relacionadas à propagação assexuada estão relacionadas à manutenção da identidade genética da planta matriz (propagação clonal), à maior uniformidade no desenvolvimento das mudas, à maior velocidade de desenvolvimento e também à possibilidade de utilizar essas técnicas na recuperação da diversidade genética de algumas espécies nativas (DIAS et al. 2012, STUEPP et al. 2018). Dessa forma, outros métodos de clonagem têm sido avaliados em pequizeiro, especialmente via estaquia, porém ainda com baixa taxa de sucesso (SANTOS et al. 2006, LEITE et al. 2007, PEREIRA 2017).

A técnica da alporquia, que induz a formação de raízes adventícias em partes de caule ainda ligadas à planta mãe, apesar de mais trabalhosa, muitas vezes é mais eficiente que a da estaquia na obtenção de mudas, a exemplo do que ocorre em pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003). Além disso, a alporquia independe da disponibilidade de infraestrutura específica (casa de nebulização, casa de vegetação etc.) e gera mudas com pré-adaptação ambiental, vez que os alporques em contato com o ambiente de campo produzem mudas mais rústicas. Além disso, essa técnica é muitas vezes exitosa na propagação de espécies vegetais de difícil enraizamento por estacas (HARTMANN et al. 2014) a exemplo do pequizeiro.

Estudos com a técnica de alporquia têm mostrado que muitos aspectos podem interferir na formação do calo e na rizogênese dos alporques. Esses aspectos incluem a aplicação exógena de ácido indol-3-butírico (LEITE et al., 2007), a estação do ano em que o processo de alporquia é realizado (CASSOL et al., 2015), as características do

revestimento do substrato (CASSOL et al., 2015) e o diâmetro do caule utilizado (SASSO et al., 2010).

De acordo com Sasso et al. (2010) a taxa de enraizamento em caules de jabuticabeira (*Plinia cauliflora*) com 2,5 cm de diâmetro foi de 87,5%, enquanto em ramos com 1,5 cm foi de 50%. O número e o comprimento das raízes também foram maiores nos caules de maior diâmetro. Tchoundjeu et al. (2010) observaram taxas de enraizamento em torno de 47% em alporquia realizada em ramos com 2-3 cm, enquanto a maior mortalidade ocorreu em ramos de 4-5 cm de diâmetro em *Irvingia gabonenses*, espécie nativa do continente africano.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do diâmetro do caule e da planta matriz na sobrevivência, no calejamento e no enraizamento de alporques de pequizeiros nativos na região do Distrito Federal.

## 1.2.MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com quatro plantas matrizes adultas localizadas na Fazenda Água Limpa-UnB, Distrito Federal (15°56'49.3'' S, 47°55'47.3'' W) no mês de dezembro de 2019. Essas matrizes eram nativas, possuíam a mesma idade e padrão de homogeneidade. Foram montados 50 alporques em cada uma das matrizes, que foram consideradas como blocos experimentais ou repetições.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 5 tratamentos (diâmetros de caule) e quatro repetições (matrizes), contendo 10 alporques cada tratamento. Os tratamentos consistiram nos seguintes intervalos de diâmetro de caule: menor que 15 mm; 15-19 mm; 20-24 mm; 25-29 mm e maior que 29 mm. Os caules utilizados no estudo eram lignificados, devido à alta mortalidade de caules verdes observada em estudos preliminares (dados não publicados). O substrato adotado na alporquia foi o Bioplant®.

Previamente à instalação do experimento, o substrato adotado no ensaio foi umedecido, evitando excesso de água, e acondicionado em embalagens plásticas de dimensões 10x20 cm. Em campo, foram escolhidos para alporquia os caules que não apresentavam sinais de ataque por patógenos, e o diâmetro do caule utilizado para alporquia determinado com auxílio de um paquímetro (Figura 1.1B).

Os caules utilizados na alporquia foram anelados com auxílio de um alicate adaptado para alporquia com 3 cm de largura, facilitando a remoção da casca (Figuras 1.1A, C, D). Os alporques foram realizados na parte inferior das matrizes e na parte distal dos caules (próximo às folhas). Após o anelamento, uma porção da embalagem plástica foi cortada longitudinalmente (Figura 1.1E), expondo o substrato, que envolveu a região anelada do caule do pequiheiro (Figura 1.1F). As embalagens plásticas contendo o substrato foram então afixadas nos caules com auxílio de fita adesiva transparente, envolvendo toda a região com o objetivo de evitar a dessecação (Figura 1.1G). Os alporques foram então marcados e etiquetados de acordo com a parcela (Figura 1.1H). Nas matrizes, quando necessário, foi realizado o desbaste de frutos, ou remoção das flores com o objetivo de minimizar os drenos de fotoassimilados nos caules anelados.



**Figura 1.1:** Sequência de procedimentos para realização da alporquia. A: Alicates adaptado utilizado no anelamento dos caules na alporquia; B: Determinação do diâmetro do caule com auxílio de paquímetro; C: Anelamento do caule com auxílio do alicate de alporquia; D: Aspecto do caule após o anelamento; E: Corte longitudinal da embalagem contendo substrato; F: Processo e fixação do substrato no caule anelado; G: Fixação do substrato com fita adesiva no caule anelado; H: Marcação e etiquetagem do alporque de acordo com sua parcela. Brasília-DF, 2020-2021.

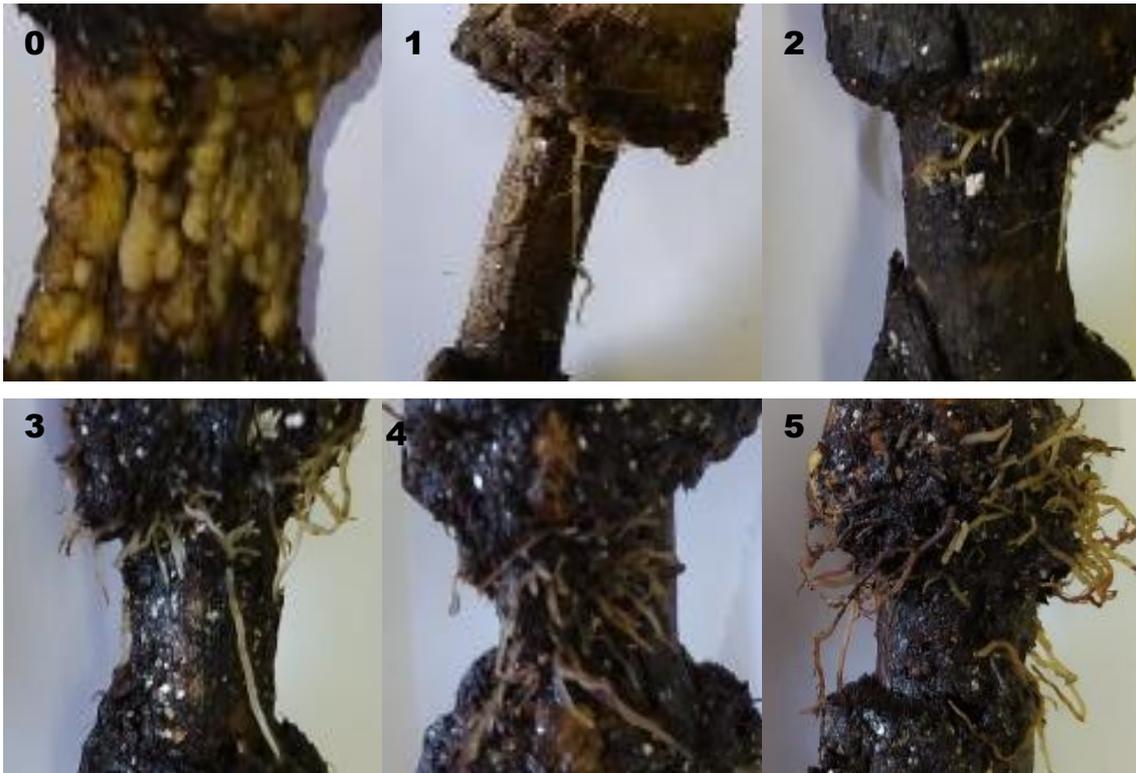
Após o período de manutenção dos alporques em campo, estes foram cortados da matriz com auxílio de serra de poda (Figura 1.2A, B), acondicionados em recipientes de acordo com seu tratamento e transportados para o Laboratório de Sementes da Universidade de Brasília.



**Figura 1.2:** A: Corte de alporques na matriz de pequiheiro; B: Coleta para avaliação do alporque no Laboratório de Análise de Sementes, UnB. Brasília-DF, 2020-2021.

As avaliações foram realizadas 90 dias após a instalação dos alporques. As características avaliadas foram: porcentagem de sobrevivência, calejamento, enraizamento e o vigor de enraizamento. O vigor (intensidade) de enraizamento de cada alporque calejado foi avaliado mediante a seguinte escala de notas: 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes (Figura 1.3).

No laboratório, as raízes foram lavadas com o objetivo de remover qualquer resíduo de substrato. Após a remoção do substrato, foi avaliada a emissão de calos, sendo considerado calejado o alporque que emitiu algum calo na região anelada. Foram considerados enraizados aqueles alporques que emitiram pelo menos uma raiz com comprimento maior que 1 cm.



**Figura 1.3:** Escala de notas utilizada na determinação do vigor de enraizamento de alporques de pequi. 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes. Brasília-DF, 2020-2021.

Após a coleta de dados, as médias obtidas para as características de sobrevivência, calejamento e enraizamento foram submetidas à análise de variância e em caso de significância, foi realizado o teste agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O vigor de enraizamento foi avaliado por meio da análise da regressão polinomial. O software utilizado nas análises foi o Genes (CRUZ, 2013)

### 1.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro do caule de pequi influenciou as características de sobrevivência e calejamento dos alporques (Tabela 1.1), sendo que os caules com diâmetro inferior a 15 mm apresentaram as menores taxas de sobrevivência, calejamento e enraizamento (52%,

50%, 12%, respectivamente). Os caules com diâmetro superior a 20 mm apresentaram enraizamento e calejamento superiores a 95%, e enraizamento de cerca de 40%.

Outros autores observaram que o diâmetro do caule influencia significativamente nessas características (SASSO, CITADIN e DANNER, 2010; TCHOUNDJEU et al., 2010; FRANCO et al., 2005; TORRES et al., 2012). Esses autores observaram as maiores taxas de sobrevivência, calejamento e enraizamento em caules com maior diâmetro. Sasso, Citadin e Danner (2010) observaram, em alporques realizados em jabuticabeira, enraizamento variando entre 50% e 87%, sendo que as maiores taxas foram observadas em alporques montados em caules com 25 mm.

Torres et al. (2012) também observaram efeito positivo do diâmetro de caule na aporquia de *Myrciaria dúbia*, sendo que os caules com diâmetro entre 21 e 26 mm foram indicados como os mais adequados por proporcionarem maior número e comprimento de raízes. Os caules com maior diâmetro podem proporcionar maiores taxas de enraizamento devido a maior presença e acúmulo de carboidratos, hormônios e outros fatores endógenos que proporcionam um maior calejamento e desenvolvimento das raízes (SASSO et al., 2010; TORRES et al., 2012). Por outro lado, Abdou et al. (2015) não observaram efeito significativo no enraizamento de alporques de *Prosopis africana* utilizando caules com diâmetro entre 10 mm e 30 mm, mas estes autores observaram que o enraizamento foi influenciado pelo clima da região, principalmente a umidade.

**Tabela 1.1:** Efeito do diâmetro de caule na sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de pequi. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021.

Diâmetro de caule (mm)	Sobrevivência (%)	Calejamento (%)	Enraizamento (%)
<15	52 <sup>b</sup>	50 <sup>b</sup>	12 <sup>a</sup>
15-19	87 <sup>a</sup>	87 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>
20-24	97 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
25-29	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>

>29	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>
Média	87	87	36
CV (%)	11,7	13,5	50,5

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Os genótipos (matrizes) não influenciaram as características sobrevivência e calejamento, mas foi observada diferença significativa para a característica enraizamento (Tabela 1.2). A taxa de enraizamento variou entre 6% e 72% (Tabela 1.2). Esses resultados demonstram que existe efeito de genótipo (matriz) para a característica de enraizamento. Também é relatado o efeito de genótipo no enraizamento de alporques de oliveira (AFZAL et al., 2017), ameixeira (MOZUMDER et al., 2017) e *Myrciaria dubia* (TORRES, et al., 2012). Em oliveiras, foram relatadas diferenças significativas entre genótipos para as características de porcentagem e tempo para enraizamento, e número de raízes (AFZAL et al., 2017). Na estaquia de pequi também é relatado influência de genótipo no enraizamento (GUIMARÃES et al., 2019). Dessa forma, são necessários mais estudos para elucidar em mais detalhes a influência do genótipo no enraizamento de alporques de pequi.

**Tabela 1.2:** Efeito de matriz na sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de pequi. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021.

Matrizes	Sobrevivência (%)	Calejamento (%)	Enraizamento (%)
1	94 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	14 <sup>b</sup>
2	86 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>	72 <sup>a</sup>
3	82 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>
4	88 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	6 <sup>b</sup>

Média	88	87	36
CV (%)	11,7	13,5	50,5

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

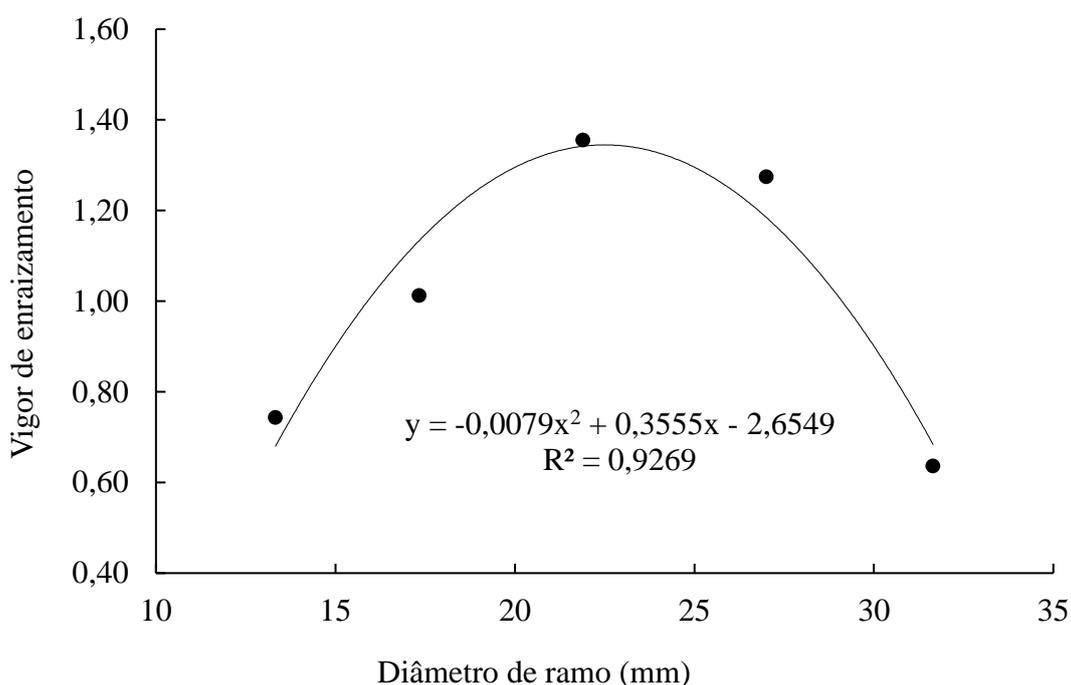
Na Tabela 1.3 estão apresentados os resultados de enraizamento de acordo com as matrizes (repetições). Destaca-se a diferença de enraizamento dos alporques realizados em caules de diâmetro inferior a 15 mm (30%) e os caules com diâmetro entre 15 mm e 29 mm (90%) na matriz 2.

**Tabela 1.3:** Efeito do diâmetro de caule e matriz no enraizamento de alporques de pequiheiro. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021.

Diâmetro de caule (mm)	Matrizes				Média (%)
	1	2	3	4	
<15	10	30	10	0	12
15-19	20	90	60	10	45
20-24	20	90	40	20	42
25-29	10	90	60	0	40
>29	10	60	90	0	40
Média (%)	14	72	52	6	

Além da porcentagem de enraizamento, o diâmetro de caule influenciou o vigor de enraizamento (Figura 1.4). Os caules com diâmetro entre 20 mm e 24 mm apresentaram a maior nota (1,4 na escala adotada). Sasso, Citadin e Danner (2010) observaram resultado semelhante em jaboticabeira, sendo que alporques montados em caules com diâmetro entre 20 mm e 24 mm apresentaram maior número e comprimento

de raízes. Resultado semelhante foi obtido por Torrer et al. (2012), que observaram maior número e comprimento de raízes em alporques realizados em caules com diâmetro entre 21 mm e 26 mm da espécie *Myrciaria dúbia*. Apesar dos caules com diâmetro superior a 25 mm não apresentarem diferença significativa para a porcentagem de enraizamento, observa-se um decréscimo no vigor, dessa forma a alporquia é mais recomendada em caules com diâmetro entre 20 mm e 25 mm (Figura 1.4).



**Figura 1.** Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.: Média de vigor de enraizamento de alporques de pequiheiro de acordo com o diâmetro de caule. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020-2021.

As taxas de enraizamento de alporques de pequiheiro observadas neste estudo (máximo de 72%, média de 36%) são superiores às taxas observadas por Leite et al. (2007), que obtiveram, com o uso de AIB, um máximo de 20% e média de 5% no enraizamento dos alporques. Cassol et al. (2015) e Dutra et al. (2012) também relataram taxas de enraizamento inferiores às obtidas neste estudo realizando alporquia em jabuticabeira (20% de enraizamento) e umbuzeiro (30%) respectivamente.

Esses resultados confirmam o efeito do diâmetro do caule e da matriz na alporquia de pequiheiro. Também se nota o potencial dessa técnica na propagação vegetativa dessa

espécie, devido às altas taxas de sobrevivência e calejamento observadas, que chegaram em 100% em alguns tratamentos. A definição do diâmetro de caule ideal para alporquia em pequiheiro foi demonstrado, pois essa característica influenciou a sobrevivência e o calejamento (Tabela 1.1). Apesar dos resultados positivos obtidos neste experimento, são necessários mais estudos com o objetivo de elucidar o efeito dos genótipos no enraizamento e avaliar o estabelecimento e o desenvolvimento posterior da muda.

A alporquia mostrou-se uma técnica promissora para propagação vegetativa do pequiheiro, sendo observadas elevadas taxas de sobrevivência, calejamento e enraizamento em alguns genótipos. Quanto ao diâmetro de caule, observaram-se diferenças significativas para as características de sobrevivência e calejamento e para os diferentes genótipos (matrizes) observou-se diferença significativa para a característica de enraizamento. Considerando todas as características avaliadas, os caules com diâmetro entre 20 mm e 24 mm são mais favoráveis para o sucesso da alporquia do pequiheiro.

## **1.4.CONCLUSÕES**

Caules com diâmetros variando entre 20 e 24 mm são mais favoráveis ao sucesso da alporquia, proporcionando maior sobrevivência, formação de calos, taxa de enraizamento e vigor de enraizamento.

A taxa de diferenciação de calos nas raízes varia entre as plantas matrizes;

A alporquia mostrou-se promissora para a propagação clonal do pequiheiro, gerando enraizamento acima de 70% em algumas matrizes, mas ainda carece de estudos complementares sobre o estabelecimento da muda no viveiro e seu desenvolvimento posterior no campo.

## 1.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOU, L. et al. Vegetative propagation trial of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. by air layering under Sudano-Sahelian climate in the South-Central Niger. **Journal of botany**, v. 2015, 2015.

AFONSO, S.R. et al. Caracterização da produção de pequi em Japonvar, MG. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 49-56, 2015.

AFZAL, F. et al. Growth response of olive cultivars to air layering. **Pure and Applied Biology**, v.6, n.4, p. 1403-1409, 2017.

BEZERRA, N.K.M.S. et al. A ação do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) no processo cicatricial de lesões cutâneas em ratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, suppl.2, p.875-880, 2015.

CASSOL, D.A. et al. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jaboticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.267-272, 2015.

CASTRO, L.A.S.; SILVEIRA, C.A.P. Propagação vegetativa do pessegueiro por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.25, n.2, p.368-370, 2003.

COSTA, R.B. et al. Variabilidade genética para o caráter germinação em matrizes de teca, no Município de alegre, ES. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.59, p.57, 2009.

COSTA, R.B.C. et al. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.1, p. 74-76, 2005.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

DIAS, P.C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.72, p.453, 2012.

DOMBROSKI, J.L.D. et al. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Lavras cerne**, v.16, n.2, p.131-135, 2010.

DUTRA, T.R. et al. Ácido indolbutírico e substratos na alporquia de umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.424-429, 2012.

GERASEEV, L.C. et al. Cinética da degradação ruminal de dietas contendo farelo de casca de pequi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p.1626-1631, 2011.

GUIMARÃES, R.N. et al. Propagação vegetativa de pequi (noz de souari) por corte. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, 2019.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 559p.

LEITE, G.L.D. et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, p.315-320, 2007.

MELO, J.T. de; GONÇALVES, A.N. **Inibidores de germinação em frutos e sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. Boletim de Pesquisa, 34. Planaltina-DF: Embrapa-CPAC, 1991. 11 p.

NASORY, D.C.; CUNHA, M.F. Quebra da dormência e emergência de plântulas de sementes de pequi, *Caryocar brasiliense*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.1, p.11-14, 2012.

PEREIRA, A.V. et al. **Quebra da dormência de sementes de pequi**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).

PEREIRA, L.D. et al. Propagação de gabirobeiras via estaquia associada ao ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.1, p.19-25, 2017.

PEREIRA, A.V. et al. **Enxertia de mudas de pequi**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2002. 26p. (Documentos, 66).

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T. de; RIBEIRO, J. F.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Enraizamento de estacas de fruteiras nativas do cerrado. Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer, Brasília, v.11, p.5-13, jul. 2003.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. **Propagação de fruteiras nativas do cerrado**. In: Prêmio CREA Goiás de Meio Ambiente 2006: Compêndio dos trabalhos premiados. Goiânia: CREA, 2007, p.173-191.

ROCHA, J.P. **Fatores genéticos e ambientais na emergência de plântulas de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2009. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em produção vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

SANTOS, B.R. et al. Micropropagação de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.293-296, 2006.

SASSO, S.A.Z. et al. Propagação de jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.571-576, 2010.

SAUCO, V.G. et al. Propagação de lichia (*Litchi chinensis* Sonn). Novas tecnologias e inovações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.40, n.4, 2018.

SILVA, E.C.; LEONEL, L.V. Avaliação da germinação de sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico. **Cultura Agrônoma: Revista de Ciências Agrônomicas**, Ilha solteira, v.26, n.2, p.217-223, 2017.

SINGH, S.; ANSARI, S.A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v.57, n.1, p. 47-54, 2014.

SOUSA, A.M.S. et al. Germination and storage of *Caryocar brasiliense* seeds. **Seed Science and Technology**, v.45, n.3, p.557-569, 2017.

STUEPP, C.A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília-DF, v.53, n.9, p. 985-1002, 2018.

TCHOUNDJEU, Z. et al. Domestication of *Irvingia gabonensis* (Aubry Lecomte) by air layering. **Journal of Horticulture and Forestry**, v.2, n.7, p.171-179, 2010.

VALENTINI, C.M.A. et al. Propagação de *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae) por estaquia caular. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.495-501, 2011.

---

## **EFEITO DE SUBSTRATOS**

## RESUMO

A propagação comercial do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess) é dificultada pela dormência das sementes e também pela baixa taxa de enraizamento das estacas. Por isso, a propagação vegetativa por alporquia representa uma alternativa para superar essas limitações. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar a influência de diferentes substratos na alporquia em pequiheiro. Para isso foi realizado um experimento em blocos casualizados com oito matrizes de pequiheiros adultos localizadas na Embrapa Cerrados-DF. Os substratos utilizados no experimento foram: Bioplant®, fibra de coco, misturas de Bioplant® e fibra de coco nas proporções 3:1; 1:1 e 1:3, casca de arroz carbonizada; vermiculita, serragem, subsolo e areia. Cada tratamento foi avaliado em 4 repetições de 10 alporques cada, totalizando 400 alporques. Após cinco meses, foram realizadas as seguintes avaliações: porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, comprimento da maior raiz, matéria fresca e seca de raízes e o vigor de enraizamento. A sobrevivência e o calejamento em todos os substratos avaliados foi superior a 95%, não sendo observada diferença entre os substratos avaliados. O substrato Bioplant® proporcionou o maior enraizamento (77%), matéria fresca e seca de raízes (17,08g e 3,16g respectivamente), enquanto o subsolo proporcionou o menor enraizamento (17%) e matéria fresca e seca de raízes (0,1 g e 0,02 g, respectivamente). O comprimento da maior raiz foi de 6,63 na mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção (1:1). Pela análise da regressão, dentre os substratos resultantes da mistura entre Bioplant e fibra de coco, foi observado um aumento do enraizamento e da matéria fresca e seca de raízes com maiores proporções de Bioplant®. Foram observadas correlações positivas, muito fortes e significativas entre o enraizamento e a matéria fresca e seca de raízes ( $r^2 > 0,9$ ). Considerando as características avaliadas, o Bioplant puro foi o mais adequado para a propagação de pequiheiro por alporquia. Os resultados obtidos indicam que a alporquia pode ser uma alternativa promissora para a propagação vegetativa do pequiheiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Caryocar brasiliense* Cambess, clonagem enraizamento, calejamento.

## ABSTRACT

The commercial propagation of *Caryocar brasiliense* Cambess is hampered by several factors, including seed dormancy, and also the low cuttings survival rate. With this in mind, air layering studies are needed to overcome these limitations. Several studies have reported the substrate influence in the rooting of air layers for different species. Therefore, the objectives of this study were to evaluate the influence of substrates on air layering on *Caryocar Brasiliense*. For this, an experiment was carried out in randomized blocks with eight stock plants, located in Embrapa Cerrados-DF. The substrates used in the experiment were: Bioplant®, coconut fiber, a mixture of Bioplant® and coconut fiber in (3:1; 1:1;1:3) proportions, rice husk biochar; vermiculite, sawdust, subsoil and sand. Each treatment was replicated four times, with 10 air layers each, totaling 400 air layers. After five months, the evaluations of survival, callusing and rooting percentage, length of the longest root, fresh and dry matter of roots and rooting vigor were carried out. Survival and callus in all substrates evaluated was greater than 95%, with no difference between substrates. The substrate Bioplant 100% provided the highest rooting (77%), fresh and dry roots mass (17.08g and 3.16g respectively), while the subsoil provided the lowest rooting (17%) and fresh and dry roots mass (0.1g and 0.02g respectively). The average root length was 6.63 in the 1:1 mixture. The regression analysis showed that higher proportions of Bioplant increased the rooting, fresh and dry roots mass. Positive, very strong and significant correlations were observed between rooting and fresh and dry root mass ( $r^2 > 0.9$ ). Considering the evaluated characteristics, Bioplant is the most suitable substrate for the propagation of *Caryocar brasiliense* stock plants by air layering. The results obtained indicate that the air layering is a viable alternative to the vegetative propagation of *Caryocar brasiliense* stock plants.

**KEY-WORDS:** rooting, callus formation, plant propagation, Pearson's correlation, rooting vigor.

## 2.1.INTRODUÇÃO

A propagação do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess) é dificultada pela dormência das sementes, que resulta em baixos índices e velocidade de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012). Acrescenta-se ainda a variabilidade genética e fenotípica das mudas, sendo necessários estudos envolvendo a propagação vegetativa para superar essas limitações (VALENTINI et al., 2011; DUTRA et al., 2012; PEREIRA et al., 2017).

As principais vantagens relacionadas à propagação vegetativa estão associadas à manutenção da identidade genética da planta matriz (propagação clonal), maior uniformidade no desenvolvimento das mudas e maior velocidade de desenvolvimento (DIAS et al., 2012; STUEPP et al., 2018). Dessa forma, os métodos de clonagem do pequizeiro têm sido estudados em pequizeiro, especialmente via estaquia e enxertia, porém ainda com baixa taxa de sucesso (LEITE et al., 2007; SANTOS et al., 2013; PEREIRA et al., 2017).

A enxertia é uma técnica que consiste na produção de mudas utilizando-se uma planta como porta-enxerto, que é propagada por sementes e outra como enxerto, propagada por vias vegetativas. A enxertia pode ser realizada de diversas formas, sendo as mais comuns a garfagem e a borbulhia (PEREIRA et al., 2002A). Pereira et al. (2002A) obtiveram, em mudas de pequizeiro, uma taxa de pegamento de enxertos de 60% por garfagem e 90% por borbulhia de placa. A propagação via enxertia tem sido usada como alternativa para a produção de mudas (PEREIRA et al., 2002B), porém nesse método há a necessidade de produção de porta-enxertos (cavalos) que são oriundos de sementes com elevada dormência e variabilidade genética.

A técnica da alporquia, apesar de mais trabalhosa, muitas vezes pode ser exitosa na propagação de espécies vegetais de difícil enraizamento por estacas (HARTMANN et al., 2014) a exemplo do pequizeiro. A alporquia é mais eficiente na obtenção de mudas de algumas espécies perenes, como por exemplo o pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003), lichieira (LINS et al., 2015) e jaboticabeira (DANNER et al., 2006).

Diferentes fatores podem influenciar a taxa de sucesso da alporquia, entre eles os mais importantes são o diâmetro dos caules utilizados, o uso de reguladores de

crescimento e o substrato utilizado, dentre outras características. O substrato que envolve a região anelada é muito importante, pois proporciona o ambiente inicial de desenvolvimento das raízes, devendo apresentar características físicas e químicas adequadas para o enraizamento. Diversos autores observaram diferenças significativas para as características de sobrevivência, calejamento e enraizamento de alporques de várias espécies utilizando diversos substratos (MARÇALLO, DE ALMEIDA e ZUFELLATO, 2001; DUTRA et al., 2012; DANELUZ et al., 2009).

Dutra et al. (2012), avaliando o efeito de três substratos (Bioplant, vermiculita e bagaço de cana) na alporquia de umbuzeiro, concluíram que a vermiculita proporcionou um número de primórdios radiculares maior que os outros substratos avaliados. De forma semelhante, Daneluz et al. (2009) observaram diferenças significativas na característica de enraizamento e número de raízes com diferentes substratos utilizados na alporquia, sendo que a casca de pinus foi o substrato que proporcionou maior taxa de enraizamento (46%).

Yakubu, Chukwuma e Awosan (2019) testando o uso de solo ou serragem na alporquia de *Dennettia tripetala*, espécie nativa da África, obtiveram durante a fase de produção de muda em viveiro, um maior diâmetro de caule, maior comprimento e maior número de folhas em mudas produzidas com o substrato solo. Mishra (2014) também utilizaram serragem em mistura com solo (1:1) como meio de enraizamento para alporques de *Citrus aurantifolia* e observaram um aumento no enraizamento de 57% para 80%, quando comparado ao substrato contendo apenas solo. Comportamento semelhante ocorreu após a coleta e plantio dos alporques em embalagens plásticas contendo os substratos, sendo que os alporques plantados em solo apresentaram, 30 dias após o plantio, 48% de enraizamento, enquanto a mistura solo/serragem proporcionou 67% de sobrevivência dos alporques dessa espécie. Estes autores argumentam que os melhores resultados podem ter ocorrido devido à maior aeração e capacidade de retenção de umidade que a mistura de substratos proporcionou.

Eganathan, Rao e Anand (2000) obtiveram 45% de enraizamento realizando alporquia na espécie *Heritiera fomes* com o esfagno como substrato e aplicação de 2.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB. Aliyu (2007) comparou o efeito dos substratos solo, areia e serragem, misturados em diferentes proporções na alporquia de cajueiro e concluiu que, para essa espécie, a mistura de solo com areia ou serragem proporcionou os melhores resultados

para as variáveis número de dias para início do enraizamento, número médio de raízes, comprimento da maior raiz. Sendo assim, observa-se que a mistura de substratos pode proporcionar condições mais adequadas ao enraizamento de alporques dessa espécie.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de substratos e suas misturas nas características de sobrevivência, calejamento, enraizamento, comprimento da maior raiz, matéria fresca e seca de raiz de alporques de pequiheiro na região do Distrito Federal.

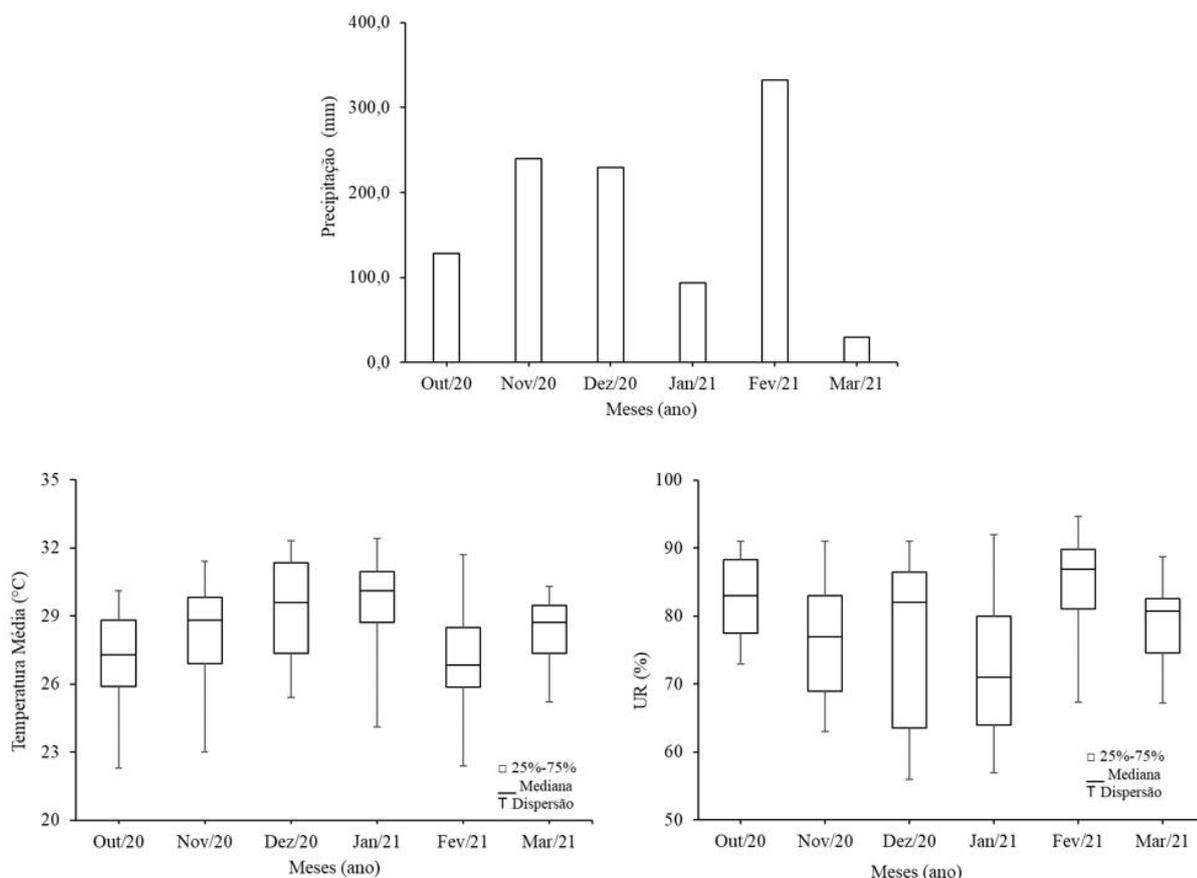
## **2.2.MATERIAL E MÉTODOS**

Este ensaio foi realizado em oito pequiheiros adultos, localizados na Embrapa Cerrados, Distrito Federal (15°35'33.7"S 47°44'00.5"W). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, com precipitação anual média de 1.500 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014). As informações climáticas referentes ao período de avaliação do experimento estão presentes na Figura 2.1.

As plantas matrizes tinham aproximadamente 20 anos de idade e portes semelhantes. Os alporques foram montados nos dias 19 e 20/10/2020 em caules lignificados e sadios, com diâmetro entre 20 e 30 mm. Os substratos (tratamentos) avaliados no presente experimento foram acondicionados em embalagens plásticas de dimensões 10x20 cm, com capacidade de aproximadamente 300 mL de substrato.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 10 tratamentos (substratos) e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 10 alporques, totalizando 400 alporques no experimento. Visando minimizar o dano às plantas matrizes, em cada uma delas foram montados cinco alporques de cada tratamento, somando 50 alporques por matriz.

Os substratos avaliados foram os seguintes: subsolo de Cerrado, coletado na profundidade entre 20 e 40 cm; areia de textura média; substrato comercial Bioplant® Gold Classe F; fibra de coco; mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção 3:1; mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção 1:1; mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção 1:3; casca de arroz carbonizada; vermiculita e serragem média (mistura de serragem fina com serragem grossa na proporção 1:1).

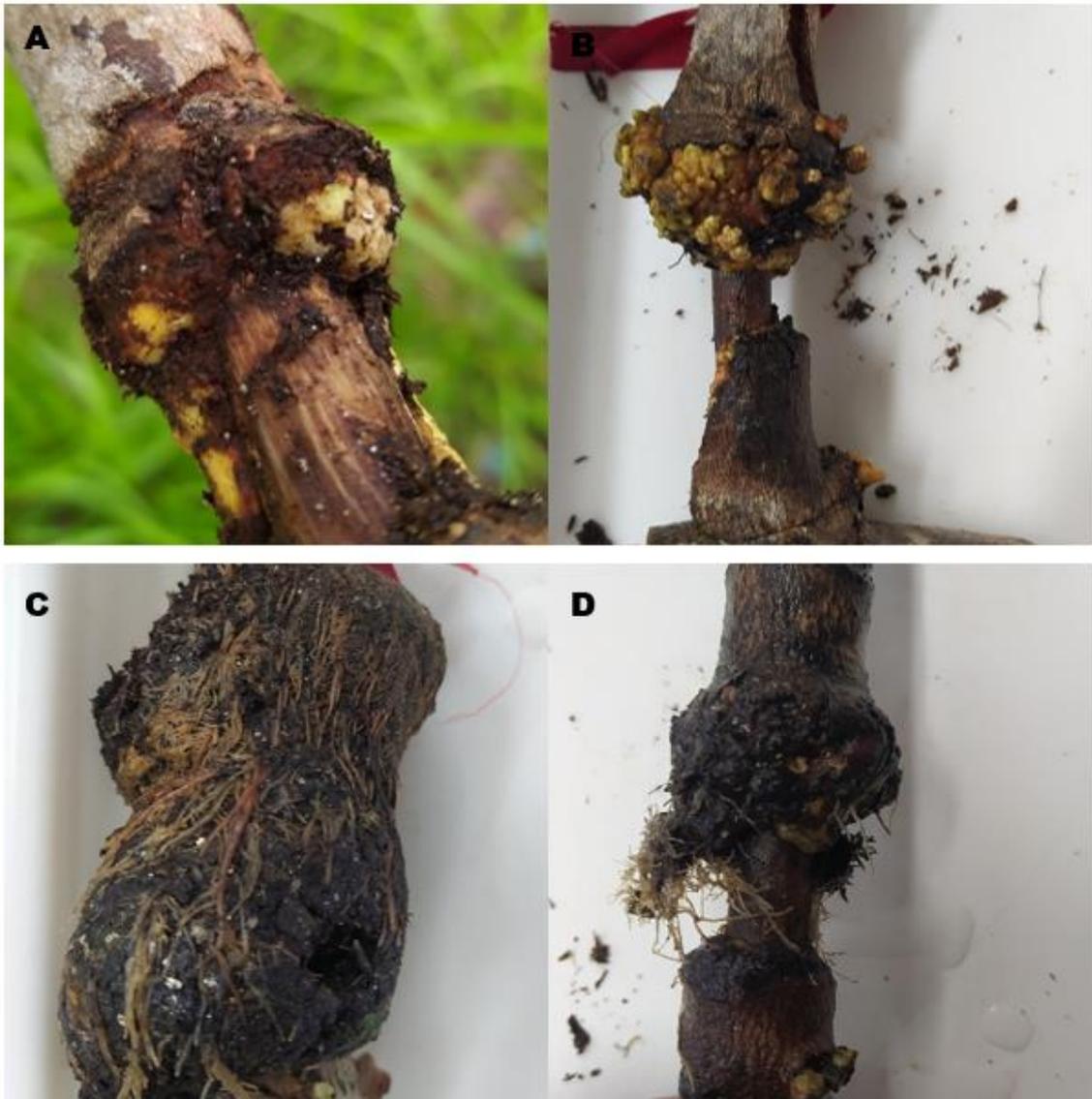


**Figura 2.1:** Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Embrapa Cerrados, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021.

Os caules utilizados na alporquia foram previamente anelados com auxílio de um alicate adaptado para alporquia com 3 cm de largura, facilitando a remoção da casca (Figuras 1.1A, C, D). Os alporques foram realizados na parte inferior das matrizes e na parte distal dos caules (próximo às folhas). Após o anelamento, uma porção da embalagem plástica foi cortada longitudinalmente (Figura 1.1E), expondo o substrato, que envolveu a região anelada do caule de pequiheiro (Figura 1.1F). As embalagens plásticas foram então afixadas nos caules com auxílio de fita adesiva transparente, envolvendo toda a região com o objetivo de evitar a dessecação (Figura 1.1G). Os alporques foram então marcados e etiquetados de acordo com a parcela (Figura 1.1H). Nas matrizes, quando necessário, foi realizado o desbaste de frutos, ou remoção das flores com o objetivo de minimizar os drenos de fotoassimilados nos caules anelados.

Após 150 dias, os alporques foram cortados das plantas matrizes com auxílio de uma serra de poda (Figura 1.2A e B) 10 cm abaixo da região do anelamento, foram acondicionados em recipientes de acordo com seu tratamento e transportados para o Laboratório de Sementes da Universidade de Brasília, onde foram feitas avaliações das porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, comprimento da raiz mais longa, matéria seca e fresca das raízes, vigor de enraizamento e lignificação das raízes.

Em laboratório, as raízes foram lavadas com o objetivo de remover qualquer resíduo de substrato. Após a remoção do substrato, foi avaliada a emissão de calos, sendo considerado calejado o alporque que emitiu algum calo na região anelada (Figura 2.2A, B). Foram considerados enraizados aqueles alporques que emitiram pelo menos uma raiz com comprimento maior que 1 cm (Figura 2.2C, D). A determinação do comprimento da raiz mais longa foi feita com auxílio de uma régua graduada, sendo que o comprimento foi expresso em milímetros (mm).



**Figura 2.2:** A: Calejamento de alporques em campo; B: Alporque calejado avaliado em laboratório; C:Enraizamento de alporque de pequiheiro; D: Alporque enraizado durante o processo de remoção do substrato das raízes. Brasília-DF, 2020-2021.

Para determinação de matéria fresca, as raízes foram removidas dos alporques (Figura 2.3A) e então foram colocadas em um recipiente de alumínio para determinação da sua massa em balança (Figura 2.3B e C). Após, as raízes foram colocadas em estufa com temperatura regulada em 80°C durante 3 dias. A determinação da matéria seca (Figura 2.3D) foi feita após as amostras serem retiradas da estufa e acondicionadas em

dessecadores para resfriamento por duas horas, e então pesadas novamente (MAURYA et al., 2013).



**Figura 2.3:** A: Raízes após a remoção dos alporques; B: Raízes colocadas em recipiente de alumínio para pesagem; C: Pesagem das raízes em balança de precisão; D: Aspecto das raízes após a secagem em estufa no Laboratório de Análise de Sementes, UnB. Brasília-DF, 2020-2021.

O vigor (intensidade) de enraizamento de cada alporque calejado foi avaliado, mediante a seguinte escala de notas: 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram

raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes (CARMONA et al., no prelo).

Também foi realizada, de forma visual, a avaliação da lignificação das raízes por meio de uma escala de notas que consistiu na coloração das raízes que foram emitidas em alporques de pequizeiro. Nessa escala, as raízes de nota 0 apresentavam aspecto totalmente vítreo, e eram muito suscetíveis a quebra durante a avaliação. Nas próximas escalas, as notas foram definidas de acordo com a cor da raiz (lignificação), sendo os alporques de nota 1 entre 1 e 20% das raízes escurecidas. Nota 2 – Entre 21 e 40%. Nota 3 – Entre 41 e 60%. Nota 4 – Entre 61 e 80%. Nota 5 – Acima de 80%.



**Figura 2.4:** Escala de notas utilizada na determinação da lignificação de raízes de alporques de pequizeiro. 0 - 0% das raízes escurecidas. 1 - Entre 1 e 20% das raízes escurecidas. 2 - Entre 21 e 40%. 3 - Entre 41 e 60%. 4 - Entre 61 e 80%. 5 - Acima de 80%. Brasília-DF, 2020-2021.

Os resultados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da Normalidade e ao Teste de Levene para verificação da homogeneidade de variâncias.

No caso de não verificação desses preceitos estatísticos foi realizada a transformação dos dados por meio da fórmula  $\sqrt{x + 1}$ . O software “R” foi utilizado nas análises de variância, nos testes de agrupamento de médias e nas análises da regressão (R STATISTICAL SOFTWARE, 2009). As análises de correlações foram realizadas com auxílio do software genes (CRUZ, 2013).

As médias dos tratamentos para as características de sobrevivência, calejamento e enraizamento dos alporques foram submetidas à análise de variância, e em caso de significância, ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O vigor de enraizamento e o grau de lignificação das raízes também foram avaliados pela análise de regressão. Os coeficientes de correlação linear de Pearson foram comparados utilizando a seguinte classificação: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,90$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).

## 2.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas para as variáveis enraizamento (Enr), lignificação (Lig), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca por alporque (MFA), matéria fresca por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE) pelo teste F, a 1% de probabilidade (Tabela 2.1).

Cinco meses após a realização dos alporques, foram observadas taxas médias de 98% de sobrevivência, 99% de calejamento, 45% de enraizamento e foi constatado o comprimento médio de raiz de 4,49 cm (Tabela 2.1). Estes resultados são superiores aos obtidos por Leite et al. (2007) que, utilizando doses de AIB na alporquia de pequiizeiro, observaram 62% de sobrevivência, 79% de calejamento, 8% de enraizamento e um comprimento médio de raiz de 0,28 cm. As diferenças observadas podem ter ocorrido devido aos genótipos, ao substrato utilizado por esses autores (esfagno), à época (março) e à duração da alporquia (3 meses).

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis sobrevivência (Sob) e calejamento (Cal), provavelmente devido à baixa variação entre

todos os tratamentos, como mostra os baixos coeficientes de variação (4,28 e 2,29% respectivamente) (Tabela 2.2). Nota-se que a sobrevivência e o elevado calejamento após os cinco meses de instalação do experimento indicam que parte dos alporques poderiam ter emitido raiz caso o seu período de manutenção na planta fosse estendido.

Para a variável enraizamento foi observada diferença significativa entre os 10 substratos avaliados, pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (5%). Nota-se que os substratos Bioplant® e suas misturas com fibra de coco (3:1; 1:1; 1:3) foram superiores aos outros tratamentos avaliados. A maior porcentagem de enraizamento (77,5%) foi observada no Bioplant® puro, e a menor (17,5%) foi observada no subsolo (Tabela 2.2).

O enraizamento obtido no substrato Bioplant® é muito superior aos valores obtidos por Leite et al. (2007) que obteve com uso de 2.000 ppm de AIB, no melhor tratamento, 16% de enraizamento de alporques de pequizeiro. Esse resultado também é superior aos obtidos por Dutra et al. (2012) que também utilizaram substrato Bioplant® e vermiculita na alporquia de umbuzeiro (outra espécie nativa), e obteve cerca de 20% de enraizamento. Da Silva et al. (2017) obtiveram 30% de enraizamento de alporques de tamarindeiro utilizando Basaplant®, outro substrato comercial utilizado na produção de mudas.

**Tabela 2.1:** Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), lignificação (Lig), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE) na comparação de diferentes substratos utilizados na alporquia de Pequiizeiro. Brasília-DF, 2020-2021.

	GL	Sob	Cal	Enr	Lig	CMR	Vig	MFT	MFA	MFE	MST	MSA	MSE
Substratos	9	16,94 <sup>ns</sup>	4,44 <sup>ns</sup>	1553,89 <sup>**</sup>	3,05 <sup>**</sup>	0,44 <sup>**</sup>	2,78 <sup>**</sup>	7,210 <sup>**</sup>	0,636 <sup>**</sup>	0,892 <sup>**</sup>	1,197 <sup>**</sup>	0,239 <sup>**</sup>	0,269 <sup>**</sup>
Bloco	3	49,17 <sup>ns</sup>	3,33 <sup>ns</sup>	870,83 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,094 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	17,69	5,19	168,52	0,28	0,28	0,40	0,470	0,047	0,110	0,101	0,021	0,034
Média		98,25	99,50	45,25	2,15	4,49	2,40	6,17	1,23	1,93	0,99	0,20	0,30
CV (%)		4,28	2,29	28,69	24,80	13,76	26,26	22,31	15,10	20,34	15,36	5,35	7,88

\*significativo no teste F a 5% de probabilidade, \*\*significativo no teste F a 1% de probabilidade, <sup>ns</sup>não significativo no teste F.

Por outro lado, os substratos subsolo, areia, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, vermiculita e serragem apresentaram baixo enraizamento, variando entre 17% e 37% (Tabela 2.2). Nota-se que os substratos que apresentaram enraizamento inferior provavelmente possuem menor teor de nutrientes que o substrato comercial Bioplant®, sendo assim, é possível que as raízes oriundas de alporques de pequiheiro necessitam de teores mais elevados de nutrientes e pH mais elevado que àqueles exigidos por raízes de mudas obtidas por sementes (CARLOS et al., 2014).

Aliyu (2007) estudando alporquia em cajueiro, obteve 47% de enraizamento utilizando o substrato serragem, e cerca de 60% com os substratos areia e solo. Os resultados obtidos por Aliyu (2007) são superiores aos obtidos neste trabalho para os respectivos substratos, mas inferiores ao enraizamento proporcionado pelo Bioplant® em pequiheiro (77,5%). Apesar da elevada taxa de enraizamento, esse autor argumenta que os substratos apresentaram um número insatisfatório de raízes de cajueiro, provavelmente pela elevada densidade e também pela baixa capacidade de retenção de água que os substratos solo e serragem apresentam. Dessa forma, o uso de substratos orgânicos, como o Bioplant® e a fibra de coco em mistura poderiam proporcionar melhores resultados para a alporquia de cajueiro.

Mishra (2014) avaliando alporquia em *Citrus aurantifolia* Swingle obteve 57% de enraizamento utilizando o substrato solo, mas com a mistura entre solo e serragem, o enraizamento nessa espécie foi 80%, demonstrando que a mistura de diferentes substratos pode proporcionar características físico-químicas mais adequadas ao desenvolvimento de raízes em alporques de diferentes espécies.

**Tabela 2.2:** Efeito de substratos na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr) e em características de enraizamento, avaliadas por meio de lignificação (Lig), comprimento médio da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE). Brasília – DF, 2020-2021.

Substratos	Sob	Cal	Enr	Lig	Vig	CMR	MFT	MFA	MFE	MST	MSA	MSE
		%		-		cm			g			
Subsolo	95,0 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	0,81 <sup>c</sup>	1,06 <sup>b</sup>	2,31 <sup>b</sup>	0,10 <sup>c</sup>	0,02 <sup>c</sup>	0,05 <sup>b</sup>	0,020 <sup>c</sup>	0,004 <sup>c</sup>	0,010 <sup>b</sup>
Areia	97,5 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	27,5 <sup>b</sup>	2,41 <sup>b</sup>	1,52 <sup>b</sup>	3,58 <sup>b</sup>	0,80 <sup>c</sup>	0,16 <sup>c</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,119 <sup>c</sup>	0,024 <sup>c</sup>	0,062 <sup>b</sup>
Fibra (F)	97,5 <sup>a</sup>	97,5 <sup>a</sup>	37,5 <sup>b</sup>	1,13 <sup>c</sup>	1,84 <sup>b</sup>	3,11 <sup>b</sup>	3,08 <sup>c</sup>	0,62 <sup>c</sup>	1,10 <sup>b</sup>	0,362 <sup>c</sup>	0,072 <sup>c</sup>	0,131 <sup>b</sup>
Bioplant® (B)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	77,5 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	3,49 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	17,08 <sup>a</sup>	3,42 <sup>a</sup>	4,51 <sup>a</sup>	3,163 <sup>a</sup>	0,633 <sup>a</sup>	0,796 <sup>a</sup>
B:F (3:1)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	66,5 <sup>a</sup>	2,59 <sup>b</sup>	3,10 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	13,54 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	3,99 <sup>a</sup>	2,127 <sup>b</sup>	0,425 <sup>b</sup>	0,613 <sup>a</sup>
B:F (1:1)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	62,5 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>	3,58 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	13,22 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	4,14 <sup>a</sup>	1,939 <sup>b</sup>	0,388 <sup>b</sup>	0,599 <sup>a</sup>
B:F (1:3)	95,0 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	60,0 <sup>a</sup>	2,43 <sup>b</sup>	2,78 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	7,30 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	2,16 <sup>a</sup>	0,847 <sup>c</sup>	0,169 <sup>c</sup>	0,248 <sup>b</sup>
Arroz	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	32,5 <sup>b</sup>	1,53 <sup>c</sup>	2,38 <sup>b</sup>	4,39 <sup>b</sup>	1,64 <sup>c</sup>	0,33 <sup>c</sup>	1,06 <sup>b</sup>	0,276 <sup>c</sup>	0,055 <sup>c</sup>	0,193 <sup>b</sup>
Vermiculita	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	37,5 <sup>b</sup>	2,46 <sup>b</sup>	2,23 <sup>b</sup>	3,60 <sup>b</sup>	3,84 <sup>c</sup>	0,77 <sup>c</sup>	1,26 <sup>b</sup>	0,875 <sup>c</sup>	0,175 <sup>c</sup>	0,276 <sup>b</sup>
Serragem	97,5 <sup>a</sup>	97,5 <sup>a</sup>	33,5 <sup>b</sup>	1,50 <sup>c</sup>	2,02 <sup>b</sup>	3,75 <sup>b</sup>	1,12 <sup>c</sup>	0,23 <sup>c</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,186 <sup>c</sup>	0,037 <sup>c</sup>	0,097 <sup>b</sup>
Média	98,5	99,50	45,5	2,15	2,40	4,49	6,17	1,23	1,93	0,993	0,20	0,30

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Em alporquia de tamarindeiro, Da Silva et al. (2017), avaliando diferentes substratos observaram diferença significativa no enraizamento, sendo que o uso de esfagno proporcionou a maior taxa de enraizamento, 60%, enquanto a fibra de coco proporcionou 40%. Resultado semelhante foi obtido por Lins et al. (2015), que observou uma maior taxa de enraizamento em alporques de lichieira montados com o substrato esfagno (95%), enquanto a fibra de coco apresentou cerca de 75%. Estes autores argumentam que essa diferença foi causada pela maior capacidade de retenção de água e aeração do esfagno.

Apesar de os substratos Bioplant® e aqueles compostos por mistura não diferirem significativamente pelo teste de Scott-Knott (5%). Pela análise da regressão, o enraizamento apresentou comportamento linear, com o coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,8701 (Figura 2.5). Também foi observada tendência de aumento do enraizamento com proporções maiores de Bioplant® na composição do substrato. Nesse caso, o enraizamento máximo observado foi de 75% (100% de Bioplant, 0% de fibra), enquanto o mínimo foi de cerca de 40% (0% de Bioplant, 100% de fibra) (Figura 2.5). Sendo assim, há uma relação direta entre o enraizamento dos alporques com a proporção de Bioplant® utilizada na composição dos substratos avaliados.

A variável enraizamento (Enr) apresentou correlação muito forte ( $r \pm -0,91$  a  $\pm -1,00$ ) significativa com todas as variáveis, exceto a sobrevivência (Sob) e o calejamento (Cal) (Tabela 2.3). Corroborando com o observado no presente trabalho, Abdul-Hafeez (2020) obteve na alporquia da espécie *Conocarpus erectus* L. correlações positivas e significativas entre as variáveis enraizamento e número de raízes ( $r=0,53$ ), enraizamento e sobrevivência ( $r=0,82$ ), enraizamento e matéria fresca de raiz ( $r=0,36$ ). Como observado no presente estudo, Bauer, Johnston e Williams (1999) também não observaram correlação significativa entre o calejamento e enraizamento de estacas de *Persoonia virgata*.

Ibrahim (2020) observou uma correlação positiva entre a porcentagem de enraizamento e matéria fresca de raiz de alporques de *Dracaena marginata* Lam. e a presença de carboidratos nos tecidos ( $r = 0,6450$  e  $r = 0,343$  respectivamente) da região dos calos e raízes, indicando que a presença desses compostos na região anelada afeta positivamente a emissão de raízes para essa espécie. No presente estudo a maior matéria

fresca de raiz observada no substrato Bioplant® pode ser explicada pela absorção de nutrientes pelas raízes emitidas no alporque, favorecendo o crescimento radicular.

O comprimento médio de raiz (CMR) apresentou comportamento semelhante ao enraizamento, sendo que os substratos contendo Bioplant® e sua mistura com fibra de coco foram superiores aos demais tratamentos. O comprimento médio observado foi de 4,49 cm, sendo que a mistura 1:1 apresentou a maior média de 6,63 cm (Tabela 2.2). Leite et al. (2007), estudando a alporquia de pequiheiro, obtiveram com o uso de 2.000 ppm de AIB, o comprimento da maior raiz de 0,8 cm, resultado inferior ao obtido nesse estudo.

Utilizando o substrato Plantmax®, Cassol et al. (2015) obtiveram o comprimento médio de raiz de 0,85 cm em alporques de jabuticabeira, demonstrando que não só a característica de enraizamento é influenciada pelo substrato, o comprimento de raiz também pode apresentar variação de acordo com sua composição. Dutra et al. (2012), avaliando alporquia em jabuticabeira, observaram o comprimento médio da maior raiz de 4,83 cm quando o substrato utilizado foi o Bioplant®, já para o substrato vermiculita o comprimento médio observado foi de 2,05 cm, valores inferiores aos observados para os substratos no presente estudo (6,35 cm e 3,6 cm respectivamente) (Tabela 2.2). Em ambos os casos, foi observado desempenho inferior da vermiculita quanto à emissão de raízes.

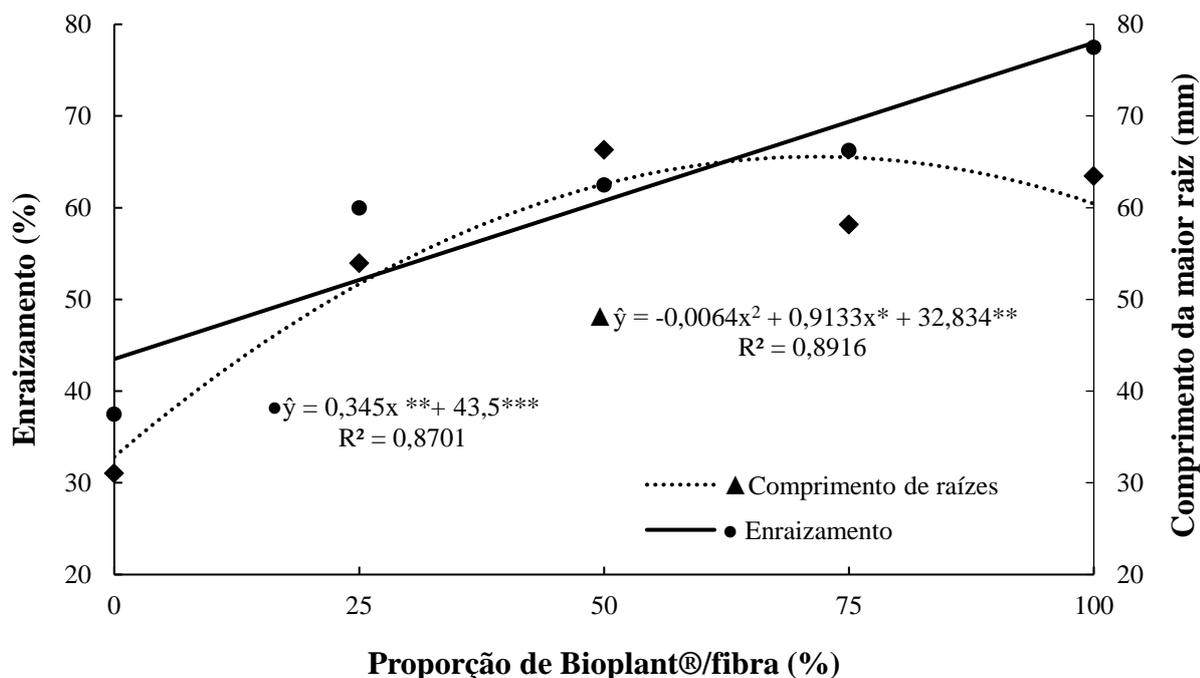
Ainda segundo Dutra et al. (2012), o Bioplant® apresenta características físicas e químicas superiores à vermiculita, dentre elas pode-se citar a maior presença de matéria orgânica e a maior porosidade total, sendo essa última importante na aeração do substrato e proporciona menor resistência física ao crescimento da raiz, favorecendo o crescimento primário da raiz.

Da Silva et al. (2017) observou raízes de maior comprimento em alporques de tamarindeiro realizados com o substrato fibra de coco (2,38 cm) quando comparado ao substrato comercial Basaplant® (1,05 cm). Esses autores argumentam que, apesar da baixa quantidade de nutrientes e matéria orgânica presentes, a fibra de coco apresenta alta capacidade de retenção de umidade, característica importante no desenvolvimento radicular.

Foram observadas correlações muito fortes entre o comprimento médio de raiz e as variáveis Vig, MFT e MFE (Tabela 2.3). Já para as variáveis MFA, MST, MSA e MSE a correlação também foi significativa, mas nesse caso foi forte (Tabela 2.3). Lins (2013)

também observou uma correlação positiva, forte e significativa entre as variáveis comprimento de raiz e matéria seca de raiz em alporques realizados em lichia, demonstrando que ambas as características estão relacionadas. Diferente do observado nesse estudo, Abdul-Hafeez (2020) observou uma correlação significativa negativa entre o comprimento médio e a matéria seca de raiz ( $r = -0,47$ ). Comportamento semelhante foi observado entre as características matéria fresca e comprimento médio de raiz ( $r = -0,49$ ).

Foi observado um comportamento quadrático para o comprimento da maior raiz pela análise da regressão (Figura 2.5). O comprimento máximo foi observado com 50% de Bioplant® e 50% de Fibra (6,6 cm). O mínimo foi observado com 100% de fibra de coco (3,1 cm).

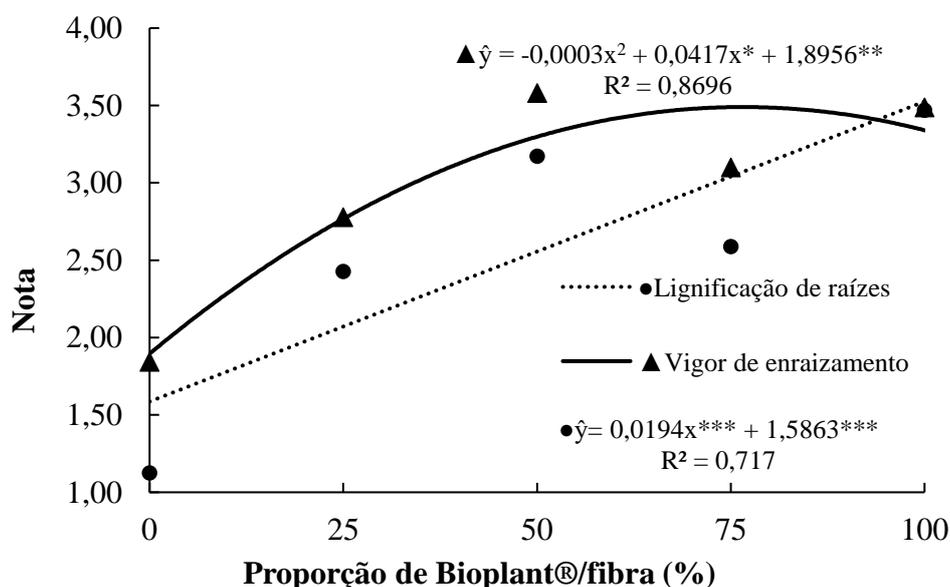


**Figura 2.5:** Enraizamento e comprimento médio da maior raiz de alporques de pequi em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, 5 meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2021. Legenda: Significativo a: \*\*\* (0,1%), \*\* (1%), \*(5%). Brasília – DF, 2020-2021.

O vigor de enraizamento foi superior nos substratos contendo Bioplant e suas misturas, sendo que a proporção 1:1 apresentou uma nota de 3,58 (Nota 3 - entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes) (Tabela 2.2). Uma nota na escala mais próxima de 5 indica

um alporque com maior quantidade de raiz, sendo assim, um maior volume de raízes no alporque pode proporcionar uma maior taxa de sucesso durante a fase de transplante e, também, uma muda de melhor qualidade (maior número de folhas) e rusticidade. Dentre os substratos compostos por mistura, observa-se um comportamento quadrático para o ajuste da regressão ( $R^2$  0,8696), ocorrendo um aumento do vigor com incremento da proporção do Bioplant®, mas há um decréscimo do vigor com proporções superiores a 75% (Figura 2.6).

Por meio do Coeficiente Linear de Pearson essa escala visual (vigor) pode ser utilizada de forma indireta na determinação de outros parâmetros importantes na alporquia, como por exemplo a matéria fresca e seca de raiz. Com base nos resultados, a variável vigor (Vig) apresentou correlação muito forte ( $\pm -0,91$  a  $\pm -1,00$ ) e significativa com as variáveis enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), matéria fresca total (MFT), matéria fresca por alporque (MFA), matéria fresca por alporque enraizado (MFE) e matéria seca por alporque enraizado (MSE) (Tabela 4). A correlação foi forte ( $\pm 0,71$  a  $\pm 0,90$ ) para as características lignificação (Lig), matéria seca total (MST) e matéria seca por alporque (MSA) (Tabela 2.3). Dessa forma, devido a significância e ao elevado coeficiente de correlação, as características acima descritas podem ser avaliadas visualmente por meio da escala de notas do vigor de enraizamento com boa precisão, dispensando a necessidade de destruição dos alporques para avaliar as características supracitadas em laboratório.



**Figura 2.6:** Notas de vigor de enraizamento e de lignificação de raízes de alporques de pequiheiro em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, 5 meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2021. Legenda: Significativo a: \*\*\* (0,1%), \*\* (1%), \*(5%). Brasília – DF, 2020-2021.

Foi observado uma maior lignificação dos alporques quando o substrato utilizado foi o Bioplant® ou a mistura na proporção 1:1. Para estes substratos a nota atribuída na escala foi de 3,47 e 3,17 respectivamente (Tabela 2.2), indicando que grande parte das raízes adquiriram um aspecto de maior rusticidade (menor vitrificação). As raízes referentes as notas 1 e 2 apresentavam uma característica de fragilidade, dificultando o manuseio durante as avaliações e posterior transplântio. Essas raízes são muito suscetíveis à dessecação, sendo muito sensíveis a falta de água durante a alporquia e também durante o desenvolvimento inicial da muda (dados não apresentados).

Foram observadas correlações fortes e significativas entre a variável lignificação (Lig) e as variáveis CMR, Vig, MFT, MFA, MFE, MST, MSA e MSE (Tabela 2.3). Essa característica influencia positivamente essas variáveis acima descritas, sendo importante principalmente o comprimento e a matéria fresca da raiz. Para a análise da regressão, a variável lignificação apresentou comportamento quadrático ( $R^2$  0,8198), com o valor máximo para essa variável no substrato 100% Bioplant®.

A matéria fresca total de raiz (MFT) apresentou grande amplitude nos valores observados, sendo que os substratos areia e subsolo apresentaram menos de 1 g de raiz, mas não diferiram significativamente dos resultados da fibra de coco, casca de arroz, vermiculita e serragem (Tabela 3). O substrato B:F (1:3) apresentou 7,3 g de raiz, mas foi inferior ao Bioplant®, B:F (3:1) e B:F (1:1), que apresentaram mais de 12 g de raiz (Tabela 2.2).

**Tabela 2.3:** Resultado da correlação linear de Pearson entre as variáveis sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr) e em características de enraizamento, avaliadas por meio de lignificação (Lig), comprimento médio da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca total de raiz (MFT), matéria fresca da raiz por alporque (MFA), matéria fresca da raiz por alporque enraizado (MFE), matéria seca total da raiz (MST), matéria seca da raiz por alporque (MSA) e matéria seca da raiz por alporque enraizado (MSE). Brasília – DF, 2020-2021.

	Sob	Cal	Enr	Lig	CMR	Vig	MFT	MFA	MFE	MST	MSA	MSE
Sob	1	0,1921	0,4314	0,5462	0,5525	0,6043	0,5200	0,4984	0,5564	0,5738	0,5754	0,6530*
Cal	-	1	0,2574	0,5054	0,3346	0,2959	0,2849	0,3321	0,3122	0,3543	0,3559	0,3627
Enr	-	-	1	0,8184**	0,9199**	0,9382**	0,9869**	0,9745**	0,9716**	0,9446**	0,9321**	0,9338**
Lig	-	-	-	1	0,8447**	0,8226**	0,821**	0,8203**	0,8080**	0,8363**	0,8323**	0,8323**
CMR	-	-	-	-	1	0,9765**	0,9183**	0,8908**	0,9314**	0,8513**	0,8343**	0,8842**
Vig	-	-	-	-	-	1	0,9492**	0,9243**	0,9593**	0,8984**	0,8830**	0,9285**
MFT	-	-	-	-	-	-	1	0,9916**	0,9942**	0,9654**	0,9532**	0,9647**
MFA	-	-	-	-	-	-	-	1	0,9895**	0,9833**	0,9755**	0,9760**
MFE	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,9630**	0,9512**	0,9731**
MST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,9990**	0,9911**
MSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,9882**
MSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

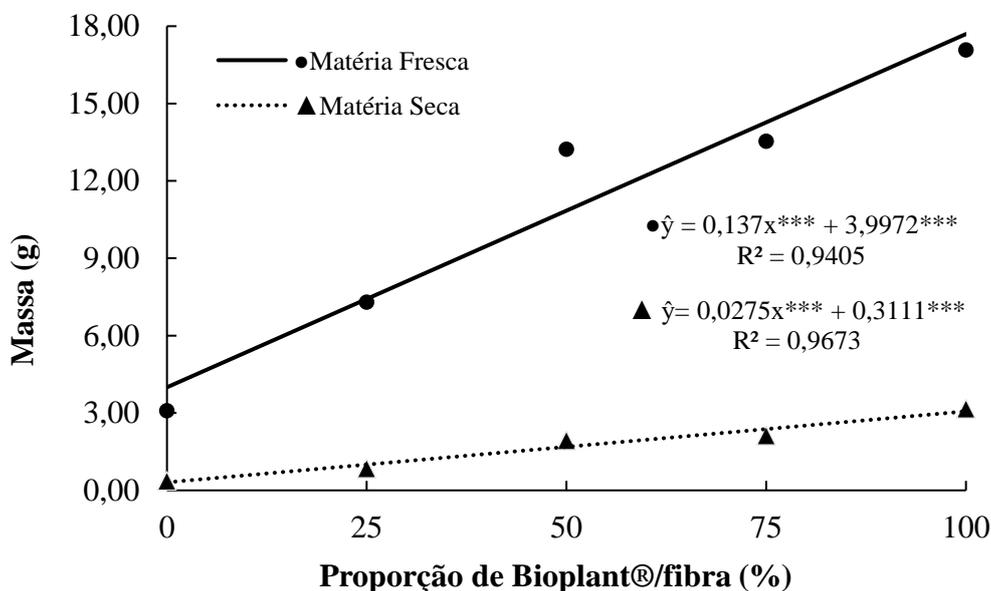
O substrato Bioplant® propiciou a maior matéria seca total (3,16 g), enquanto as misturas B:F 3:1 e 1:1 apresentaram respectivamente 2,13 g e 1,94 g de matéria seca, sendo estes tratamentos intermediários (Tabela 2.2). Os outros substratos apresentaram matéria seca de raiz inferior a 1 g (Tabela 2.2). A variável enraizamento somente indica a emissão de raiz maior que 1 cm, mas as variáveis matéria seca e fresca indicam a quantidade efetiva de raízes (qualidade do enraizamento) dos alporques, pois, uma maior presença de raiz no alporque pode proporcionar uma maior taxa de sobrevivência e melhor desenvolvimento posteriormente da muda.

Dutra et al. (2012), avaliando a alporquia de umbuzeiro, não observou diferença significativa na matéria fresca e seca de raiz entre os substratos Bioplant® (2,66 g de matéria fresca e 0,42 g de matéria seca) e vermiculita (2,88 g e 0,41 g, respectivamente). Para lichia, Lins et al. (2015) observaram diferença significativa na matéria seca de raiz entre os substratos esfagno e fibra de coco. Estes autores observaram que quando a alporquia é instalada em janeiro e março, o esfagno proporciona uma matéria seca de cerca de 0,95 g, enquanto a fibra de coco apresenta 0,62 g, mas em determinados períodos do ano, notadamente no período do inverno e início da primavera os substratos não diferiram significativamente.

Da Silva et al. (2017) utilizando 500 ppm de AIB observaram diferença significativa na matéria seca de raiz de tamarindeiro entre os substratos Basaplant® (1,87 g), esfagno (0,43 g) e fibra de coco (0,0 g). Mishra (2014) observou que o uso de um substrato composto por mistura de solo, areia e esterco bovino proporcionou maior massa fresca e seca de raízes que o solo utilizado de forma individual, provavelmente por apresentarem melhor aeração, nutrição e retenção de umidade. Mishra (2014) argumenta que a maior formação de raiz pode ter ocorrido devido à maior produção de aminoácidos pelas raízes, proporcionando maior acúmulo de nutrientes e alongação (crescimento primário).

As variáveis matéria seca e fresca de raiz apresentaram comportamento linear crescente em função da proporção de Bioplant® no substrato (Figura 2.7). Em ambos os casos, o substrato com 100% de Bioplant® apresentou os melhores valores para ambas as variáveis, 17,08 g de matéria fresca e 3,16 g de matéria seca. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) observado foi superior a 0,9, sendo assim a resposta (massa de raízes)

foi positivamente influenciada pelo tratamento. A matéria fresca total apresentou correlação significativa com as variáveis MFA, MFE, MST, MSA e MSE.



**Figura 2.7:** Matéria seca e fresca de raízes de alporques de pequiheiro em função da proporção de Bioplant® e fibra de coco na composição do substrato, cinco meses após a instalação da alporquia. Brasília – DF, 2020 - 2021. Legenda: Significativo a: \*\*\* (0,1%), \*\* (1%), \*(5%).

Abdul-Hafeez (2020) também observou uma correlação significativa entre a matéria fresca e seca de raiz ( $r=0,94$ ). Esse autor relatou correlações significativas entre a sobrevivência e a porcentagem enraizamento, número, matéria seca e fresca de raiz, e presença de carboidratos e compostos fenólicos nas raízes. De Deus, Coutinho e Melo (2020) não observaram correlações significativas entre as variáveis sobrevivência, calejamento e comprimento de raízes em estacas de pequiheiro tratadas com AIB. Esses autores argumentam que as estacas de pequiheiro não apresentaram correlação entre as variáveis analisadas devido ao baixo índice de calejamento e enraizamento observados no estudo.

Singh e Ansari (2014) observaram uma correlação negativa entre a emissão de raízes adventícias e o calejamento em alporques realizados em espécies de folhas largas de ambientes tropicais. Dessa forma, para essas espécies, o calejamento foi um

impedimento para o enraizamento devido à elevada concentração de hormônios exógenos e a regeneração dos tecidos lesionados durante o anelamento (SINGH e ANSARI, 2014). Neste estudo, apesar de não apresentarem correlação significativa, o enraizamento só foi observado em alporques de pequizeiro que emitiram algum calo, também não sendo observada regeneração total dos tecidos anelados (dados não apresentados).

Relacionando as regressões lineares das variáveis Enraizamento, Matéria fresca e seca de raiz com os resultados de correlação, observa-se que em todos os casos o comportamento foi linear, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,9 e a Correlação Linear de Pearson foi muito forte ( $>0,91$ ), mostrando que a resposta para essas variáveis é muito influenciada pelos substratos avaliados na alporquia.

## 2.4.CONCLUSÕES

O substrato Bioplant® e suas misturas proporcionaram enraizamento em mais de 60% dos alporques de pequizeiro.

O substrato Bioplant® propiciou maior porcentagem de enraizamento, matéria fresca e seca de raiz do que em mistura com fibra de coco.

## 2.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAFEEZ, E. Y. Production of high quality air-layers from *Conocarpus erectus* L. in response to IBA and *Bacillus subtilis*. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 47, n. 1, p. 29-39, 2020.

ALIYU, O. M. Clonal propagation in cashew (*Anacardium occidentale*): effect of rooting media on the rootability and sprouting of air-layers. **Tropical Science**, v. 47, n. 2, p. 65-72, 2007.

BAUER, L. M.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Plant genotype, juvenility and mechanisms of inhibition of rooting *Persoonia virgata* R. Br. cuttings. **Australian journal of experimental agriculture**, v. 39, n. 8, p. 1029-1034, 1999.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica** (UFRR), v. 8, p. 40-55, 2014.

CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 13-21, 2014.

CARVALHO, F. I. F. et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, v. 142, 2004.

CASSOL, D. A. et al. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 267-272, 2015.

CASTRO, L. A. S.; SILVEIRA, C. A. P. Propagação vegetativa do pessegueiro por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 368-370, 2003.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DA SILVA, M. S. C. et al. Substrates and indolebutyric acid (IBA) concentrations in air-layering rooting of Tamarind tree. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2926-2932, 2017.

DANELUZ, S. et al. Propagação da figueira 'Roxo de Valinhos' por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 285-290, 2009.

DANNER, M. A. et al. Enraizamento de jaboticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DE DEUS, R. R. P.; COUTINHO, G.; DE MELO, E. T. Ácido indolbutírico como indutor de enraizamento em estacas de pequizeiro. **MAGISTRA**, v. 31, p. 611-619, 2021.

DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453, 2012.

DOMBROSKI, J. L. D. et al. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **CERNE**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.

DUTRA, T. R. et al. Ácido indolbutírico e substratos na alporquia de umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 424-429, 2012.

EGANATHAN, P.; RAO, C. S.; ANAND, A. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. **Wetlands Ecology and Management**, v. 8, n. 4, p. 281-286, 2000.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 559p.

IBRAHIM, O. H. M. Developing air layering practices for propagation of *Dracaena marginata* lam. utilizing phloroglucinol and seaweed extract as IBA-synergists or alternatives. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 7, n. 2, p. 185-197, 2020.

LEITE, G. L. D. et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 315-320, 2007.

LINS, L. C. R. et al. THE LYCHEE TREE PROPAGATION BY LAYERING. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 480-487, 2015.

MARÇALLO, F. A.; DE ALMEIDA, R. C.; ZUFFELLATO, K. C. Propagação da espirradeira por meio da técnica da alporquia em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1-2, 2001.

MAURYA, R. P et al. A. Studies on the Propagation of Jamaican Ackee (*Blighia sapida* L.) by Air-layering. **HortScience**, v. 48, n. 10, p. 1298-1300, 2013.

MELO, J.T. de; GONÇALVES, A.N. **Inibidores de germinação em frutos e sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. Boletim de Pesquisa, 34. Planaltina-DF: Embrapa-CPAC, 1991. 11 p.

MISHRA, S. Effect of different rooting media on survival and success of air layers in kagzilime. **Annals of Plant and Soil Research**, v. 16, n. 3, p. 264-267, 2014.

NASORRY, D. C.; DA CUNHA, M. F. Quebra da dormência e emergência de plântulas de sementes de pequi, *Caryocar brasiliense*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 46, 2012.

PEREIRA, A. V. et al. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de pequi. **Embrapa Cerrados - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2002A.

PEREIRA, A. V. et al. Enxertia de mudas de pequi. **Embrapa Cerrados - Documentos (INFOTECA-E)**, 2002.B

PEREIRA, E. B. C. et al. Enraizamento de estacas de fruteiras nativas do cerrado. **Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer, Brasília**, v.11, p.5-13, jul. 2003.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. **Propagação de fruteiras nativas do cerrado**. In: Prêmio CREA Goiás de Meio Ambiente 2006: Compêndio dos trabalhos premiados. Goiânia: CREA, 2007, p.173-191.

PEREIRA, L. D. et al. Propagação de gabirobeiras via estaquia associada ao ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 19-25, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SANTOS, F. S. et al. A cultura do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Acta Iguazu**, v. 2, n. 3, p. 46-57, 2013.

SINGH, S.; ANSARI, S. A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2014.

STUEPP, C. A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 985-1002, 2018.

VALENTINI, C. M. A. et al. Propagação de *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae) por estaquia caular. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 495-501, 2011.

YAKUBU, F. B.; CHUKWUMA, E. C.; AWOSAN, E. A. Impact of Media on Air-layering in the Propagation of *Dennettia tripetala* (Annonaceae), and Its Micro-morphological Characteristics. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 11, n. 4, p. 392-399, 2019.

---

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS  
NA ALPORQUIA DO PEQUIZEIRO**

## RESUMO

A propagação vegetativa do pequi ( *Caryocar brasiliense* Cambess) é importante na produção de mudas que podem ser utilizadas na formação de pomares comerciais e também no uso em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das características físicas e químicas de substratos na alporquia de pequi. Para isso, um experimento foi instalado em blocos ao acaso, utilizando oito matrizes de pequi e cinco substratos: Bioplant®; fibra de coco; mistura de Bioplant® e fibra de coco nas proporções (1:1; 1:3; 3:1). Após 150 dias da instalação, os alporques foram cortados das matrizes e então foram realizadas avaliações das porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, do comprimento da raiz mais longa, da matéria seca e fresca das raízes, do vigor de enraizamento e da lignificação das raízes. Em laboratório, foram feitas as caracterizações químicas e físicas dos substratos. Em seguida, as características físicas e químicas foram relacionadas por meio da análise da regressão e pela correlação linear de Pearson. Os resultados obtidos mostram que o sucesso na alporquia de pequi foi maior com a utilização de substrato com as seguintes características físicas: densidade aparente inferior a  $0,278 \text{ g cm}^{-3}$ , macroporosidade entre 35 e 50% e microporosidade entre 30 e 35%. Maior enraizamento de alporques de pequi foi obtido com a utilização de substrato com as seguintes características químicas:  $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{P} > 3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca} > 7,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg} > 3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Na} < 1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $\text{ISNa} < 6\%$ . O enraizamento dos alporques teve correlação positiva e significativa com a densidade real, os teores de P, Ca e Mg, a CTC e a soma de bases; e correlação negativa com a densidade aparente, a água disponível, o teor e o índice de saturação por sódio. As escalas de lignificação e vigor de enraizamento propostas podem ser utilizadas na predição das características de enraizamento e matéria seca/fresca de raízes de forma não destrutiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Caryocar brasiliense* Cambess, pequi, propagação vegetativa, clonagem.

## ABSTRACT

The definition of vegetative propagation protocol for the *Caryocar brasiliense* Cambess species is important for the production of seedlings that can be used in the formation of commercial orchards. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the influence of physical and chemical characteristics of substrates on *Caryocar brasiliense* air layering. For this, a randomized block experiment with 5 substrates was installed in eight stock plants. The substrates evaluated were: Bioplant® commercial substrate; coconut fiber; a mixture of Bioplant® and coconut fiber in (1:1; 1:3; 3:1) proportions. After 150 days, the air layers were cut from the stock plants and evaluations of survival percentages, callusing and rooting, longer root length, dry and fresh root matter, rooting vigor and root lignification were carried out. In laboratory, chemical and physical characterizations of the substrates were carried out. Then, the physical and chemical characteristics were related through regression analysis and Pearson's linear correlation. The results demonstrate that rooting, fresh and dry root mass responded linearly with variations increases in density, available water, field capacity and wilting point, with maximum rooting of 77%, and minimum of 40%. For total porosity, air volume and water volume the ideal values are 73%, 42% and 33% respectively. The substrate bulk density must be smaller than  $0.278 \text{ g cm}^{-3}$  to provide more than 70% rooting. The phosphorus, calcium and magnesium contents must be greater than  $3.0 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $7.0$  and  $3.5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  respectively, and the CTC must be greater than  $17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Strong and positive correlations were observed between rooting and true density, and the contents of P, Ca, Mg, CEC. Strong negative correlations were observed for the variables bulk density, available water, and sodium saturation. The proposed lignification and rooting vigor scales can be used to predict rooting characteristics and dry/fresh mass of roots in a non-destructive way.

**KEYWORDS:** rooting, *Caryocar brasiliense* Cambess, Pearson's linear correlation, rooting vigor, nutrients, cation exchange capacity.

### 3.1.INTRODUÇÃO

O pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess) é amplamente distribuído no Cerrado brasileiro, principalmente nos estados da região Centro-Oeste e Norte do Brasil. Os frutos são utilizados como fonte de alimento pelas populações rurais e urbanas sendo que o consumo desses frutos, obtidos na maioria das vezes por extrativismo, é feito in natura ou após seu processamento, principalmente na forma de geleias, doces, óleos e sucos (VIEIRA et al., 2006).

Devido ao processo de desflorestamento e ao extrativismo excessivo, a espécie está perdendo espaço em ambientes naturais, o que pode afetar a sua perpetuação em ambientes nativos (MARTINS et al., 2015). Dessa forma, estudos que visam aumentar a eficiência da propagação da espécie são importantes.

A produção comercial de mudas de pequiheiro é feita normalmente por meio de sementes, apesar do seu elevado grau de dormência que resulta em lenta e baixa taxa de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012).

A propagação vegetativa do pequiheiro é importante na produção de mudas para a formação de pomares comerciais e também no uso em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Visto que estudos relatam a baixa eficiência da propagação dessas espécies via estaquia (RIBEIRO et al., 1996; GUIMARÃES et al., 2019; SOARES et al., 2019), o uso da alporquia pode ser adequado na obtenção de mudas clonais dessa cultura.

A técnica da alporquia, que induz a formação de raízes adventícias em partes de caule ainda ligadas à planta mãe, apesar de mais trabalhosa, muitas vezes é mais eficiente que a da estaquia na obtenção de mudas, a exemplo do que ocorre em pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003), lichieira (LINS et al., 2015), jabuticabeira (DANNER et al., 2006), dentre outras espécies. Nesse método, a rizogênese é favorecida pelo abastecimento constante do caule por água e minerais vindos do xilema, que após o anelamento (remoção do floema) fica intacto e pelo acúmulo na região do alporque de fotossintatos e de hormônios produzidos em folhas e gemas (HARTMANN et al. 2014).

Um fator que influencia a taxa de sucesso da alporquia é o substrato envolvido na região anelada, que interfere na sobrevivência, no calejamento e enraizamento de

alporques de diversas espécies (MARÇALLO, DE ALMEIDA, ZUFELLATO, 2001; DANELUZ et al., 2009; DUTRA et al., 2012).

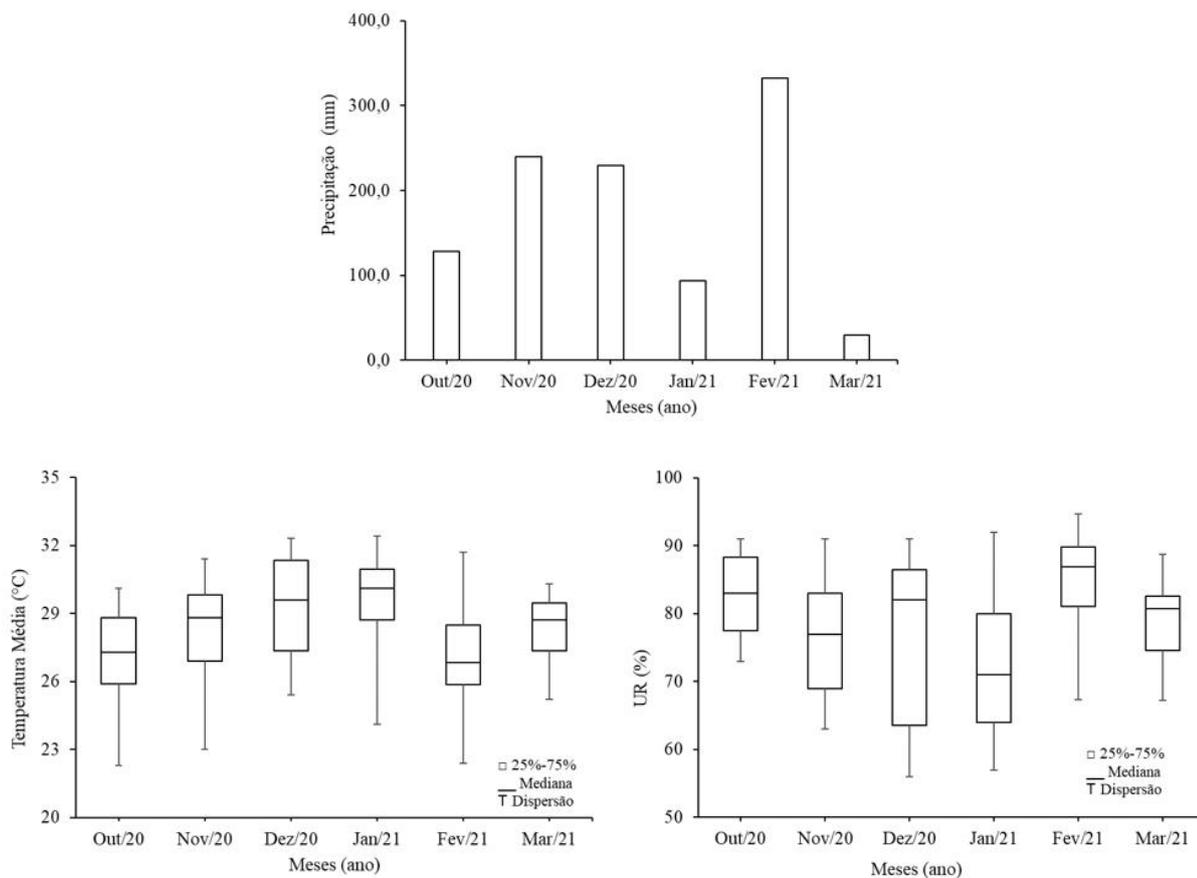
Da Silva et al. (2017), estudando os substratos Basaplant, esfagno e fibra de coco no enraizamento de alporques de *Tamarindus indica* L., observaram taxas de enraizamento médias de 30%, 65% e 40% para os respectivos substratos. Lins et al. (2015), avaliando o efeito dos substratos fibra de coco e esfagno concluíram que, em determinadas épocas do ano (setembro e novembro), o uso de fibra de coco pode proporcionar taxas de enraizamento superiores a 90% na alporquia de lichieira

Dutra et al. (2012), avaliando o efeito de três substratos (Bioplant, vermiculita e bagaço de cana) na alporquia de umbuzeiro, concluíram que a vermiculita proporcionou maior número de primórdios radiculares que os outros substratos avaliados. De forma semelhante, Daneluz et al. (2009), observaram diferenças significativas na característica de enraizamento e número de raízes com diferentes substratos utilizados na alporquia, sendo que a casca de Pinus foi o substrato que proporcionou maior enraizamento (46%).

Pesquisas envolvendo a propagação assexuada, principalmente por estaquia e alporquia, em espécies nativas podem ser uma alternativa à propagação por sementes devido a altas taxas de dormência que estas podem apresentar. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência das características físicas e químicas de substratos na alporquia de pequizeiros na região do Distrito-Federal.

## **3.2.MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi realizado em oito pequizeiros adultos e homogêneos, localizados na Embrapa Cerrados, Distrito Federal (15°35'33.7"S 47°44'00.5"W). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, com precipitação anual média de 1.500 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014) (Figura 3.1).



**Figura 3.1:** Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Embrapa Cerrados, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021.

As matrizes tinham aproximadamente 20 anos de idade e portes semelhantes. Os alporques foram montados nos dias 19 e 20/10/2020 em caules lignificados e sadios, com diâmetro entre 20 e 30 mm. Os caules foram anelados com auxílio de um alicate adaptado para alporquia produzindo um anelamento com 3 cm de largura. O processo de alporquia foi realizado nos caules da porção inferior das matrizes, em todo o perímetro da copa. Os substratos (tratamentos) avaliados no presente experimento foram acondicionados em embalagens plásticas de dimensões 10x20 cm, com capacidade de aproximadamente 400 mL de substrato, mas foram preenchidas com aproximadamente 300 mL.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 5 tratamentos (substratos) e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 10 alporques, totalizando 200 alporques no experimento. Visando minimizar o dano às plantas matrizes, em cada uma delas foram montados 5 alporques de cada tratamento, somando 25 alporques por matriz. Cada parcela foi composta por cinco alporques em duas matrizes.

Os substratos avaliados foram os seguintes: substrato comercial Bioplant® gold-classe F; fibra de coco; mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção (3:1); mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção (1:1); mistura de Bioplant® e fibra de coco na proporção (1:3). Após 150 dias da instalação, os alporques foram cortados das plantas matrizes com auxílio de uma serra de poda 15 cm abaixo da região do anelamento e então foram realizadas avaliações das porcentagens de enraizamento, comprimento da raiz mais longa, matéria seca e fresca das raízes, vigor de enraizamento e a lignificação das raízes.

Foi considerado enraizado o alporque que emitiu pelo menos uma raiz com comprimento maior que 1 cm. A determinação do comprimento da raiz mais longa foi feita com auxílio de uma régua graduada, sendo que o comprimento foi expresso em milímetros (mm).

Para determinar a matéria fresca, as raízes foram lavadas, removidas dos alporques e secadas em papel para remoção do excesso de água, e então pesadas em balança com precisão de 0,001g. Após, as raízes foram colocadas em estufa com temperatura regulada em 80°C, durante 3 dias. A determinação da matéria seca foi feita após as amostras serem retiradas da estufa e acondicionadas em dessecadores para resfriamento, por duas horas, e então pesadas novamente (MAURYA et al., 2013).

O vigor (intensidade) de enraizamento de cada alporque calejado foi avaliado, mediante a seguinte escala de notas: 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes (CARMONA et al., no prelo).

Também foi realizada, por meio de uma escala visual, a avaliação da lignificação das raízes por meio de uma escala de notas que consistiu na coloração das raízes que foram emitidas em alporques de pequizeiro. Nessa escala, as notas foram definidas de acordo com a cor da raiz (lignificação), sendo que os alporques de Nota 0 apresentavam 0% das raízes escurecidas. Nota 1 entre 1 e 20% das raízes escurecidas. Nota 2 – Entre 21 e 40%. Nota 3 – Entre 41 e 60%. Nota 4 – Entre 61 e 80%. Nota 5 – Acima de 80%.

No momento da instalação do experimento foram coletadas amostras de cada um dos substratos utilizados na alporquia, e em laboratório foi realizada sua caracterização física e química (Tabela 3.1). As análises físicas de densidade aparente e densidade real

foram realizadas pelo método do cilindro volumétrico, na qual as amostras devem passar por uma peneira de malha de 19 x 19 mm (IN n.º 17) (ZORZETO et al., 2014). A macroporosidade e a microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão e porosidade total foi determinada pelo método indireto por meio da seguinte equação:  $Pt = \left[ \frac{Dp - Ds}{Dp} \right]$ . A água disponível foi determinada por metodologia descrita por de Schmitz, Souza e Kampf (2002). A capacidade de campo (10 kPa) e o ponto de murcha permanente (1.500 kPa) foram obtidos por meio do método da mesa de tensão de Richards (RICHARDS, 1965).

**Tabela 3.1:** Resultado das análises das características físicas e químicas dos substratos utilizados na alporquia de pequiheiro. Brasília-DF, 2020-2021.

Proporção	DA	DR	Mac	Mic	Pot	Agu	PMP	CPC	pH	P	Ca	Mg	K	Na	CTC	SB	V	ISNa	C
Bioplant®	(g cm <sup>-3</sup> )		(% v/v)			cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>			H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					(%)	(g kg <sup>-1</sup> )		
100%	0,275	0,980	39	34	73,0	6,1	23,7	29,8	5,6	4,2	8,2	3,9	2,20	0,43	17,9	14,7	88	3,0	187,6
75%	0,278	0,825	48	26	74,0	7,7	24,9	32,6	5,7	2,8	4,4	2,8	5,04	1,36	17,1	13,6	86	11,0	211,9
50%	0,282	0,785	36	38	74,5	8,1	25,2	33,3	5,8	2,4	5,6	2,9	5,15	1,46	14,9	13,0	85	11,5	217,3
25%	0,280	0,820	50	25	75,0	8,1	25,7	33,8	5,7	1,7	3,5	2,5	5,40	1,48	14,7	12,8	85	12,0	293,0
0%	0,290	0,590	33	42	75,3	10,1	26,7	36,8	5,8	1,2	1,3	1,8	5,75	1,75	12,6	10,6	84	17,0	316,0

Legenda: DA: Densidade aparente; DR: Densidade real; Mac: Macroporosidade; Mic: Microporosidade; Pot: Porosidade total; Agu: Água disponível; PMP: Ponto de murcha permanente; CPC: Capacidade de campo; SB: Soma de bases; ISNA: Índice de saturação por sódio.

Para química (Tabela 3.1), foi determinado o pH e os teores de fósforo disponível Mehlich-1 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), cálcio ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), magnésio ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), potássio ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), sódio ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), capacidade de troca catiônica ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), soma de bases ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), saturação por bases (V%), saturação por sódio (%) e carbono orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$ ) (EMBRAPA, 2017).

Os resultados das características da alporquia foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da Normalidade e ao Teste de Levene para verificação da homogeneidade de variâncias.

A análise da regressão foi realizada com o objetivo de avaliar a relação entre as características físicas e químicas dos substratos com os parâmetros de alporquia avaliados neste estudo. Apenas regressões que foram significativas ( $p \leq 0,05$ ) foram apresentadas (FORNES, MENDOZA-HERNÁNDEZ e BELDA, 2013; MENDOZA-HERNÁNDEZ, FORNES e BELDA, 2014).

Os coeficientes de correlação linear de Pearson foram comparados utilizando a seguinte classificação: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,90$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004). O software R foi utilizado nas análises de variância e nas análises da regressão (R STATISTICAL SOFTWARE, 2009). As análises de correlações foram realizadas com auxílio do software genes (CRUZ, 2013).

### **3.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foi observada uma redução expressiva no enraizamento, comprimento da maior raiz no vigor de enraizamento, na lignificação e matérias fresca e seca de raízes de alporques de pequiheiro com o aumento da densidade aparente do substrato utilizado (Figura 3.2). O substrato Bioplant® promoveu enraizamento acima de 75%, enquanto a fibra de coco, substrato com a maior densidade aparente, proporcionou enraizamento inferior a 40% (Figuras 3.2A, B e C). Pela análise da regressão, observou-se um efeito linear para essa característica, havendo redução expressiva no enraizamento com o uso dos substratos com densidade aparente superior a  $0,28 \text{ g cm}^{-3}$  (Figuras 3.2A e B).

Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) indicam que o valor de densidade aparente adequado para o enraizamento situa-se entre 0,30 e 0,80 g cm<sup>-3</sup>, valores superiores aos observados em todos os substratos avaliados neste estudo. Para pequizeiro, valores de densidade aparente inferiores a 0,28 g cm<sup>-3</sup> promoveram porcentagens de enraizamento superiores a 60% (Figura 3.2A). Este resultado observado está de acordo com o relatado por Roehrdanz et al. (2019), que afirmam que um substrato de menor densidade pode favorecer o desenvolvimento das raízes. Abel et al. (2013) afirmam que misturas de substratos podem proporcionar uma variação significativa na densidade aparente devido à rigidez e deformação de partículas que sofrem um rearranjo nessa nova mistura.

Avaliando o efeito de substratos com diferentes características químicas e físicas na estaquia de *Rosmarinus officinalis*, Fornes e Belda (2019) observaram num substrato com elevada densidade aparente (0,31 g cm<sup>-3</sup>), baixa capacidade de retenção de água (200 g L<sup>-1</sup>), 29% de macroporosidade e microporosidade de 54% proporcionou enraizamento de 100% das estacas, com nota 3 numa escala visual de enraizamento, enquanto num substrato com baixa densidade aparente (0,07 g cm<sup>-3</sup>), alta capacidade de retenção de água (583 g L<sup>-1</sup>), 20% de macroporosidade e microporosidade de 70% o enraizamento foi de 75% e nota de 1,9 na escala visual.

Belda, Lidón e Fornes (2016) relataram a redução da densidade aparente e real de um substrato orgânico quando misturado com fibra de coco, e o aumento da capacidade de retenção de água e macroporosidade em proporções mais elevadas da mistura. Resultados semelhantes foram observados neste estudo para densidade real, que reduziu de 0,980 g cm<sup>-3</sup> em 100% de Bioplant para 0,820 g cm<sup>-3</sup> no substrato 25% Bioplant. A macroporosidade e água disponível também aumentaram consideravelmente (39% para 50% e 6,1% para 8,1%, respectivamente) em maiores proporções de fibra. Contrário ao observado por Belda, Lidón e Fornes (2016), neste estudo a densidade aparente do substrato aumentou com maiores proporções de fibra de coco, provavelmente pela elevada porosidade proporcionada pela fibra, já que a densidade aparente desconsidera o volume de poros do substrato.

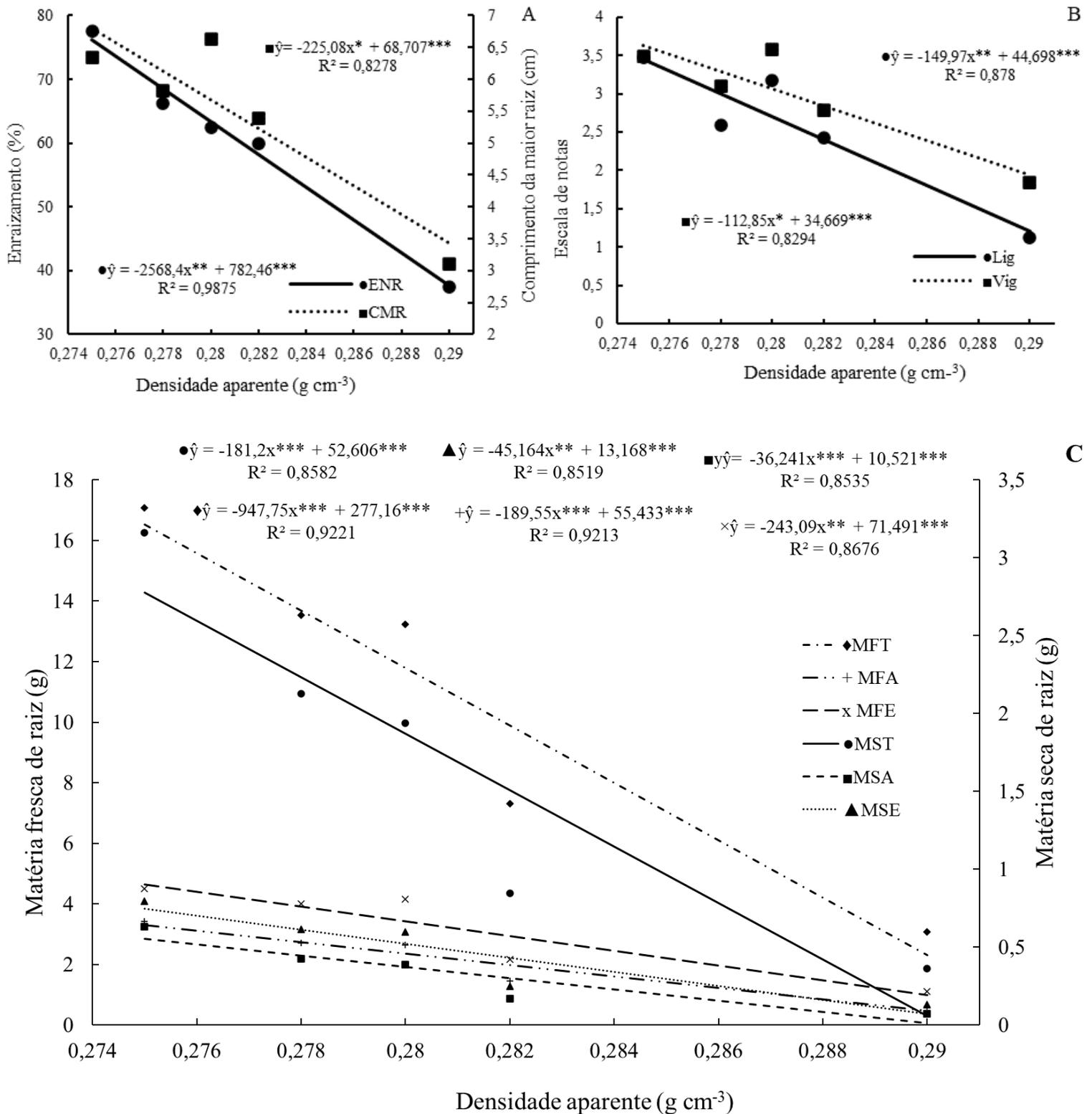
Kratz et al. (2013) observaram que mudas de eucalipto enraizadas em casca de arroz carbonizada, substrato de baixa densidade (0,19 g cm<sup>-3</sup>), apresentaram baixa matéria seca de raiz (0,05 g), mas após a mistura desse substrato com vermiculita, na proporção

50/50, houve aumento da densidade ( $0,36 \text{ g cm}^{-3}$ ), e também da matéria seca de raízes ( $0,19\text{g}$ ). Para estaquia de maracujazeiro, Souza, Carniel e Fochesato (2006) recomendam uma densidade de substrato mais baixa,  $0,250 \text{ g cm}^{-3}$ . A densidade do Bioplant® observada neste estudo foi de  $0,275 \text{ g cm}^{-3}$ , sendo inferior ao valor considerado mais adequado por Kratz et al. (2013), mas na faixa recomendada por Souza, Carniel e Fochesato (2006), demonstrando que as características físicas ideais do substrato podem variar para cada espécie.

Araújo et al. (2019) observaram que, para mini estaquia de *Paratecoma peroba*, espécie nativa da mata atlântica, um substrato comercial composto por casca de pinus de baixa densidade ( $0,35 \text{ g cm}^{-3}$ ) proporcionou um maior enraizamento (62%), número de raízes e matéria seca de raiz quando comparado ao uso de areia lavada (5% de enraizamento) com densidade superior ( $1,48 \text{ g cm}^{-3}$ ). Estes autores afirmam que a elevada densidade da areia lavada pode ter provocado um impedimento físico ao desenvolvimento e o crescimento das raízes adventícias. Fornes e Belda (2019) relataram que estacas de *Phillyrea angustifolia* produziram maior matéria seca de raízes em substrato com densidade elevada ( $1,56 \text{ g cm}^{-3}$ ), baixa porosidade total, macroporosidade e microporosidade (42%, 7% e 38%, respectivamente).

Pio et al. (2005) também observaram um maior enraizamento de estacas de figueira em substrato com menor densidade aparente, obtendo 86% de enraizamento de estacas num substrato de densidade aparente  $0,10 \text{ g cm}^{-3}$  e 33% de enraizamento noutro substrato com densidade de  $0,25 \text{ g cm}^{-3}$ . Os valores de densidade aparente relatados por Pio et al. (2005) estão bem próximos dos indicados como ideais por Pimentel et al. (2016), de  $0,255 \text{ g cm}^{-3}$ .

Souza, Carniel e Fochesato (2006) relataram maior sucesso na estaquia de maracujazeiro quando utilizaram vermiculita em mistura com casca de arroz carbonizada, e argumentam que a eficiência desse substrato pode ter ocorrido devido a sua densidade aparente mais adequada ( $0,250 \text{ g cm}^{-3}$ ). Neste estudo, os maiores valores de enraizamento e massa fresca e seca de raiz de alporques de pequiwereiro foram observados no substrato contendo apenas Bioplant®, que apresentou a menor densidade aparente dentre todos os substratos avaliados ( $0,275 \text{ g cm}^{-3}$ ), valor próximo ao indicado como ideal por Pimentel et al. (2016) e Pio et al. (2005).



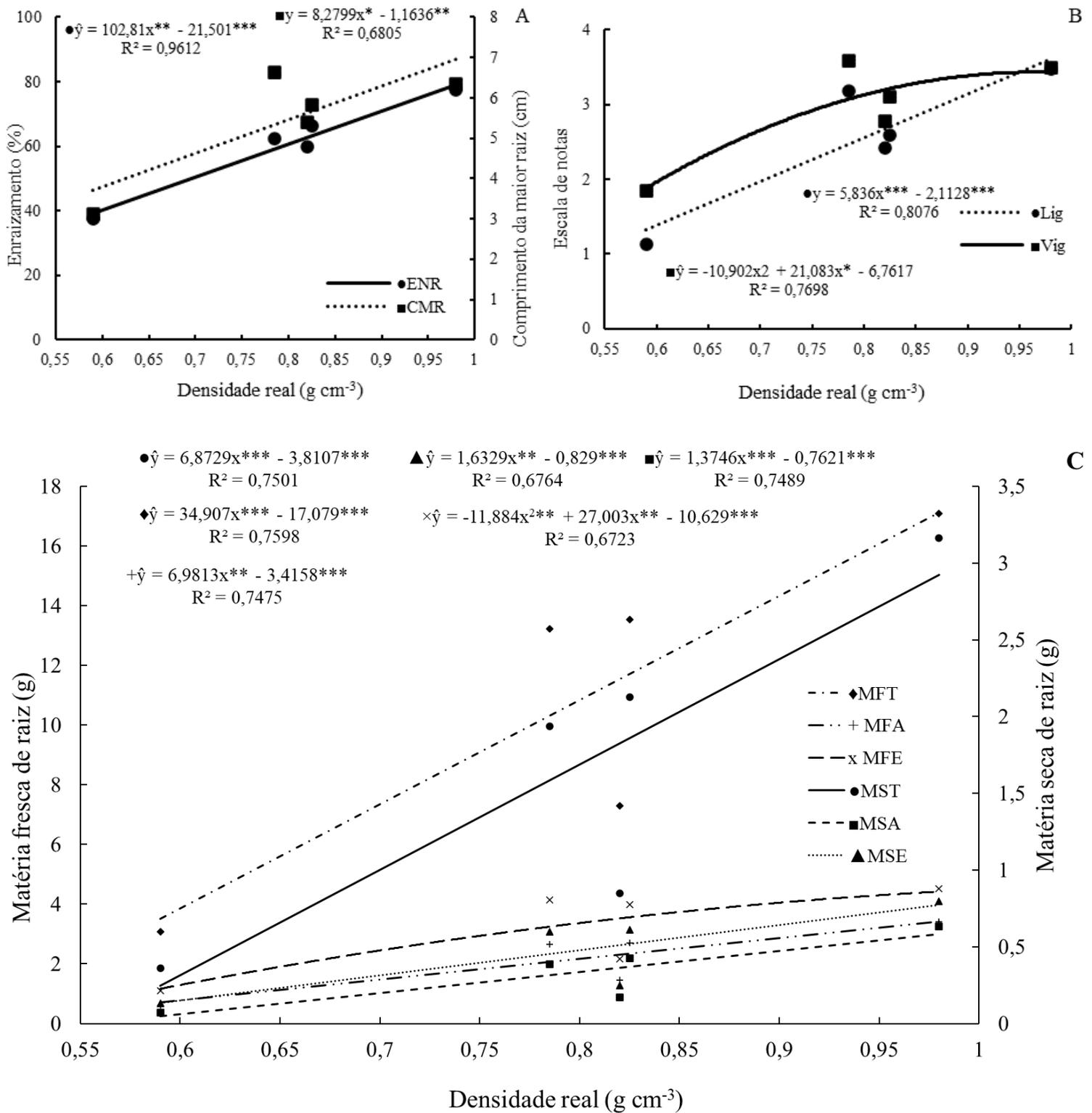
**Figura 3.2:** Relação entre a densidade aparente do substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Melhor enraizamento foi observado no substrato com a maior densidade real (Figura 3.3A) que é uma característica importante no desenvolvimento das raízes, pois substratos com baixa densidade real podem afetar a fixação das raízes das plantas, favorecendo a desagregação e a quebra de raízes durante a coleta e manuseio dos alporques (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002). Uma maior densidade real também pode proporcionar maior contato entre o substrato e os tecidos vegetais anelados, facilitando a emissão inicial de raízes (LANG e BOTREL, 2008).

Substratos de baixa densidade real podem ser utilizados em mistura com outros mais densos, mas por outro lado, excesso de materiais com elevada densidade podem dificultar a manipulação do substrato e, no caso de alporquia, podem ocasionar a quebra de galhos e ramos de menor diâmetro por conta do seu maior peso (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002).

Costa et al. (2017) avaliando o efeito da mistura do substrato casca de arroz carbonizada (CAC) em solo, na propagação de goiabeira por estaquia, observaram uma redução na densidade dos substratos com o incremento das proporções de CAC. Neste estudo, apesar de os substratos serem diferentes dos utilizados por Costa et al. (2017), o objetivo da mistura do Bioplant® com a fibra de coco foi o mesmo, proporcionar características físicas mais adequadas à mistura, no entanto houve diminuição do enraizamento de alporques pequiizeiro em substratos com teores mais elevados de fibra.

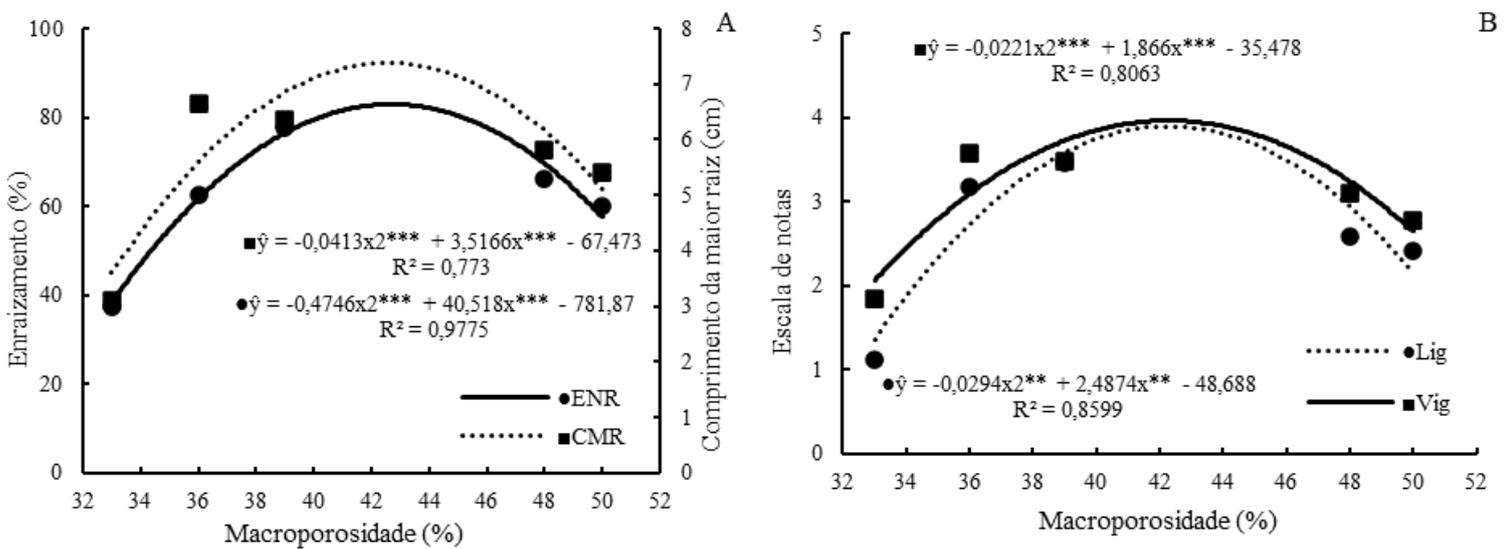
Fornes et al. (2017), avaliando a influência de substrato no desenvolvimento de plantas de tomateiro, estabeleceram uma escala visual para descrever o enraizamento, na qual plantas com menor desenvolvimento de raízes receberam nota 1 (baixa colonização do substrato) e plantas com um sistema radicular mais vigoroso receberam notas entre 2 e 5, sendo 5 aquelas com maior densidade de raízes (raízes colonizaram todo o substrato). Estes autores observaram que substratos com maior densidade proporcionaram menor volume de enraizamento, e conseqüentemente menor nota, sendo que substratos com densidade superior a  $1,0 \text{ g cm}^{-3}$  proporcionaram notas entre 2,5 e 3,5, enquanto um substrato com densidade de  $0,80 \text{ g cm}^{-3}$  proporcionou um enraizamento com nota de 4,5.

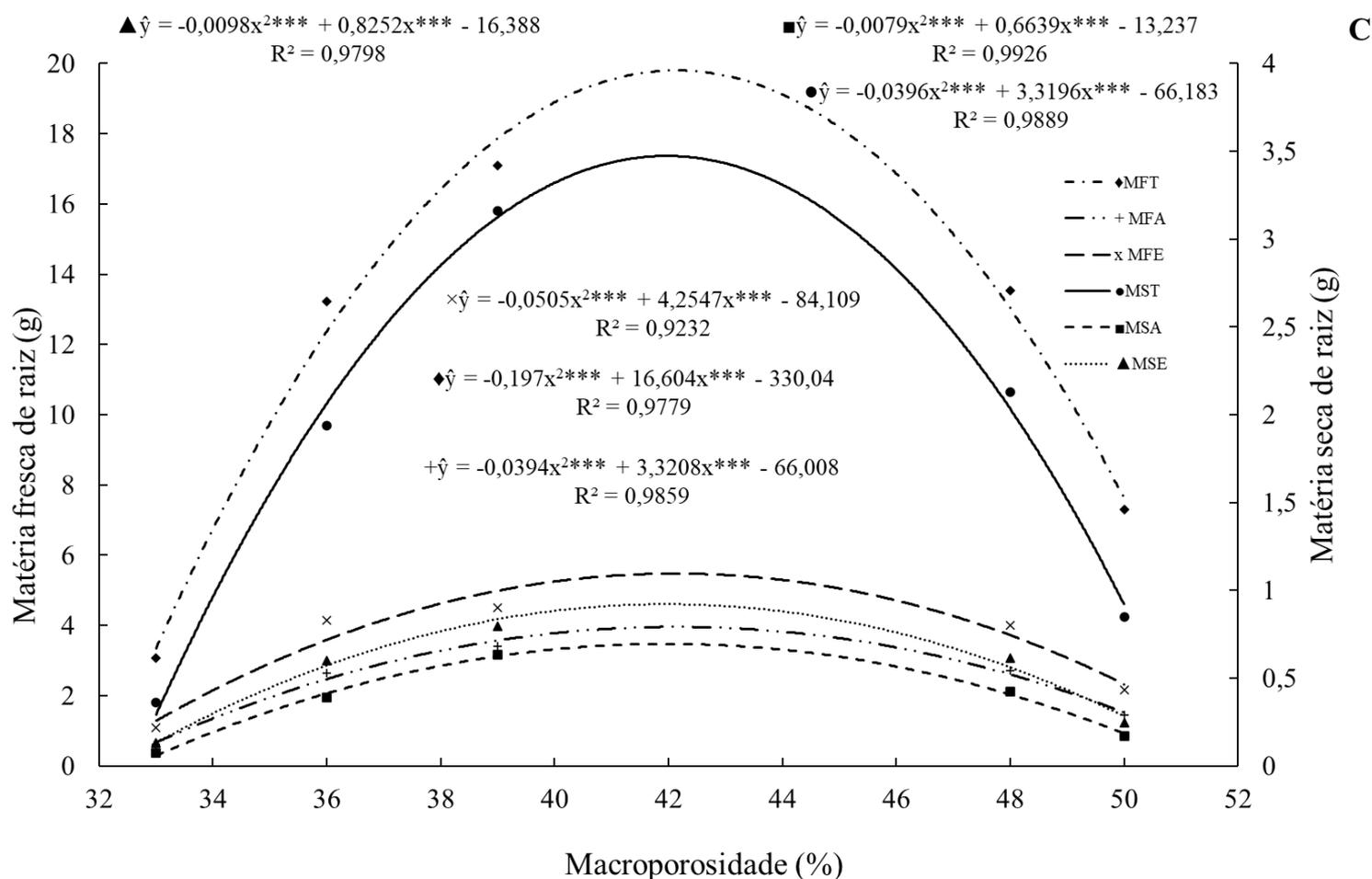


**Figura 3.3:** Relação entre a densidade real do substrato e: A-porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

A densidade real é uma característica importante no desenvolvimento das raízes, pois substratos com uma baixa densidade real podem afetar a fixação das raízes das plantas, favorecendo a quebra e a destruição de raízes durante a coleta e manuseio dos alporques. Neste estudo também foi observado incremento na matéria fresca e seca de raiz e no vigor de enraizamento quando o substrato utilizado apresentou uma densidade real acima de  $0,8 \text{ g cm}^{-3}$  (Figura 3.3).

A análise de regressão mostrou efeito quadrático sobre todas as variáveis relacionadas à alporquia (Figuras 3.4 e 3.5). O enraizamento foi máximo (75%) na macroporosidade de 42,7% (Figura 3.4A) e na microporosidade de 31,8% (Figura 3.5A). Ambas as características físicas são parâmetros importantes no enraizamento, sendo a microporosidade definida como o volume de poros com diâmetro inferior a 0,050 mm representativa da água retida no substrato, enquanto a macroporosidade, definida como o volume de poros com diâmetro superior a 0,050 mm, representa o espaço livre para movimentação de ar no substrato (poros não capilares) (EMBRAPA, 2017).





**Figura 3.4:** Relação entre macroporosidade do substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

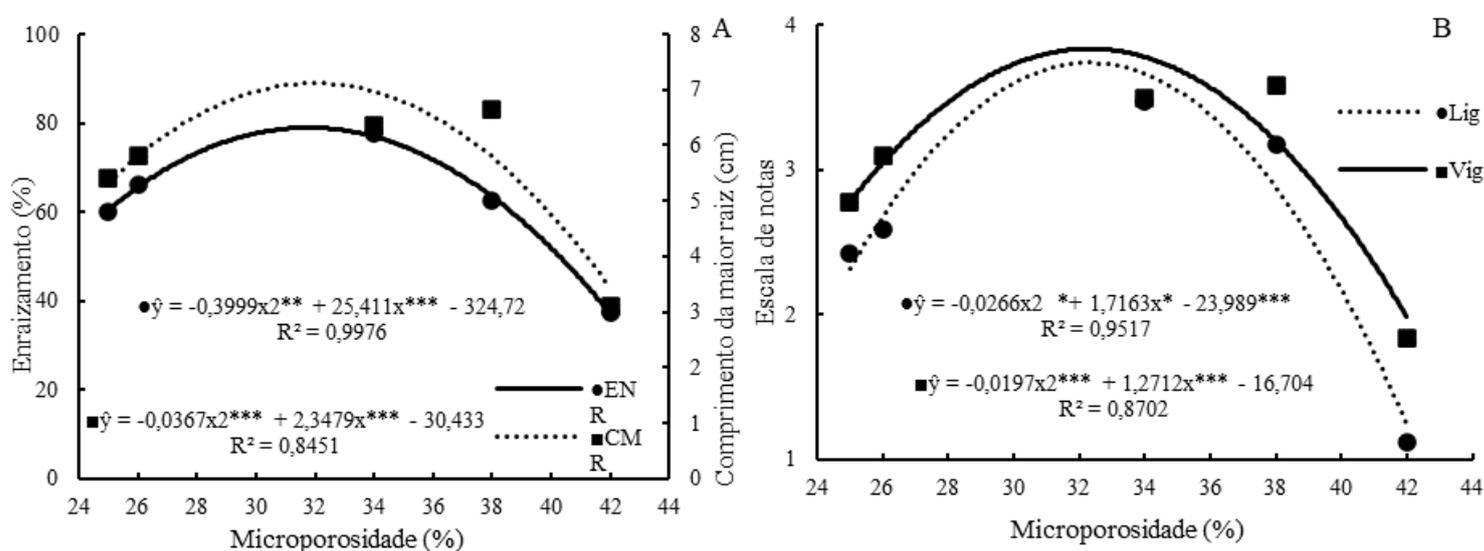
Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) consideram os intervalos de 20 a 30% e de 20 a 60% os valores ideais para microporosidade e macroporosidade respectivamente. Para alporquia de pequiheiro, a microporosidade superior a 35% (Figura 3.5A) induziu redução expressiva no enraizamento e a macroporosidade entre 35 e 45% mostrou-se adequada (42% ideal) (Figura 3.4A).

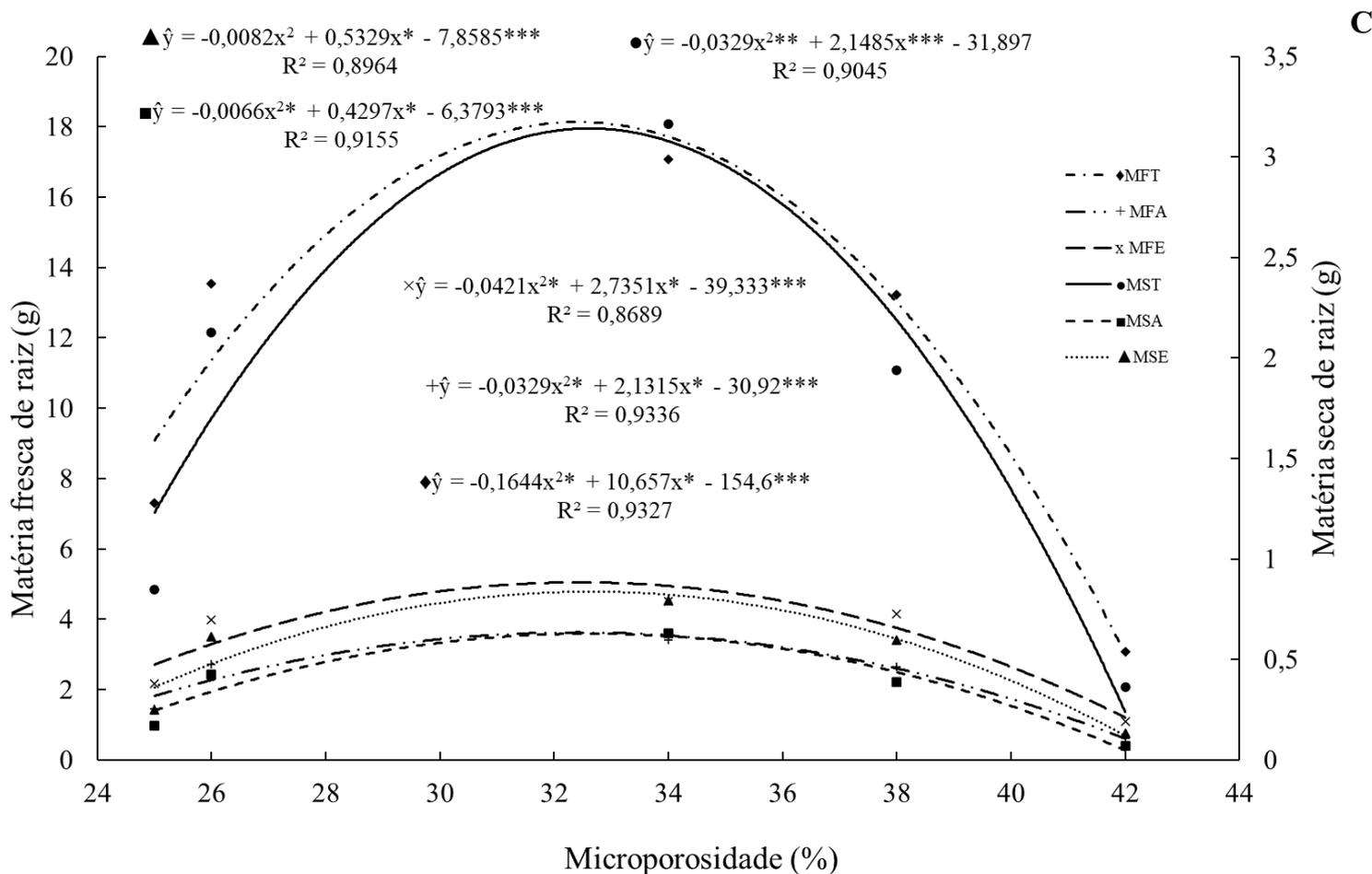
Chen et al. (2003) relataram que substratos com macroporosidade abaixo de 10% proporcionaram menor comprimento de raízes (< 5 cm) de estacas de *Epipremnum aureum*, enquanto substratos com microporosidade superior a 10% proporcionaram maior comprimento de raízes (> 8 cm). Neste estudo também foi observado que uma menor

macroporosidade foi limitante ao desenvolvimento de raízes de alporques de pequiheiro em comprimento,

Para figueira, a maior porcentagem de enraizamento de estacas ocorre em substratos com aproximadamente 45% de microporosidade (PIO et al., 2005). Estes autores observaram que substratos com microporosidade abaixo de 30% não foram adequados à estaquia de figueira, pois proporcionaram menor enraizamento e quantidade de raízes por estaca. Por outro lado, Pimentel et al. (2016) indicam que, para ipê-roxo, a microporosidade do substrato deve ser superior a 50%.

A microporosidade do substrato influencia o desenvolvimento de raízes de tomateiro, sendo que um substrato com 58% de microporosidade proporcionou maior desenvolvimento de raízes, enquanto que em um substrato com 27% foi observada limitação no enraizamento (FORNES et al., 2017). O substrato com 36% macroporosidade proporcionou melhor resultado que um substrato com 51% de macroporosidade. Para porosidade total, valores mais altos proporcionaram melhor desenvolvimento de raízes de tomateiro (FORNES et al., 2017).



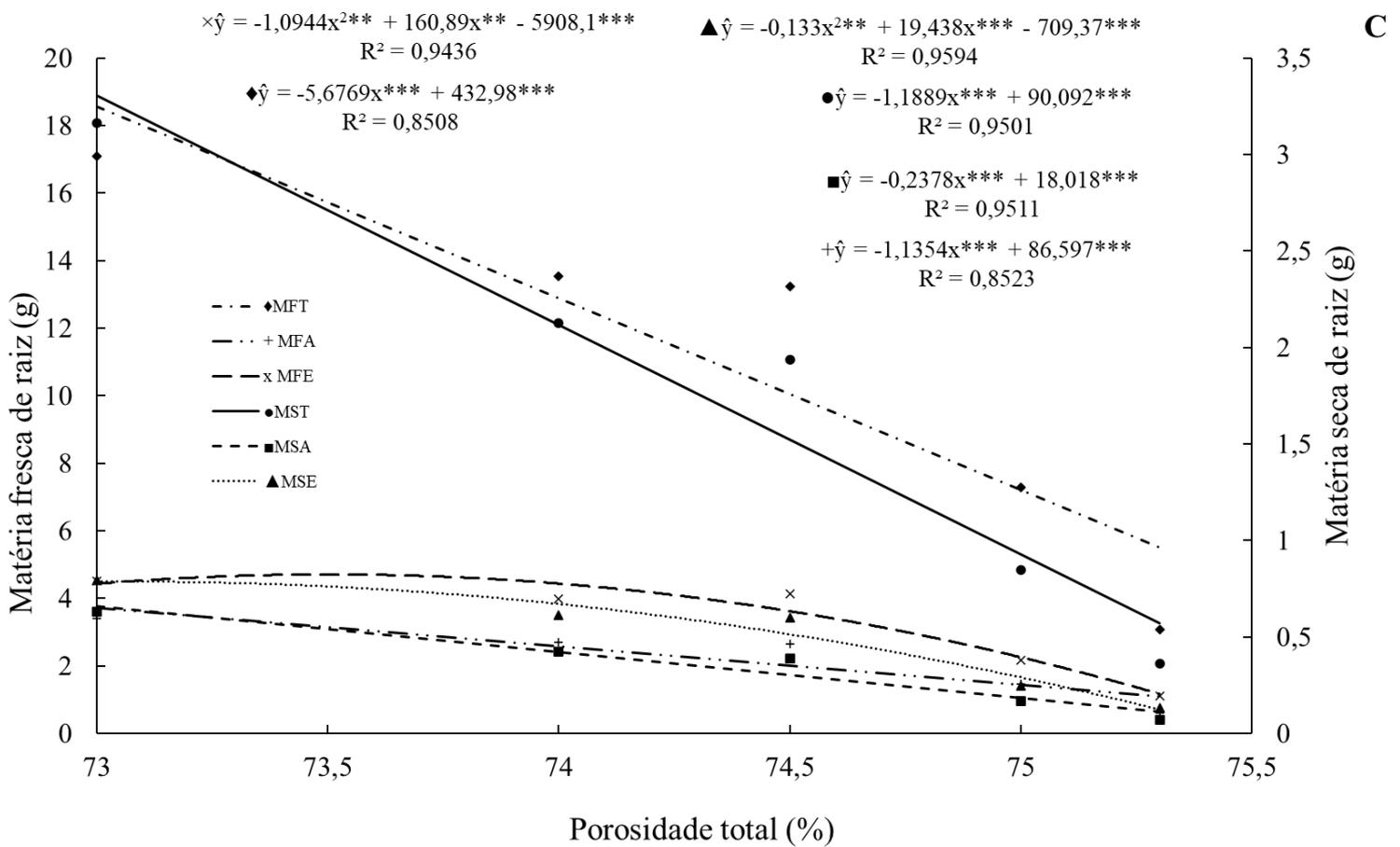
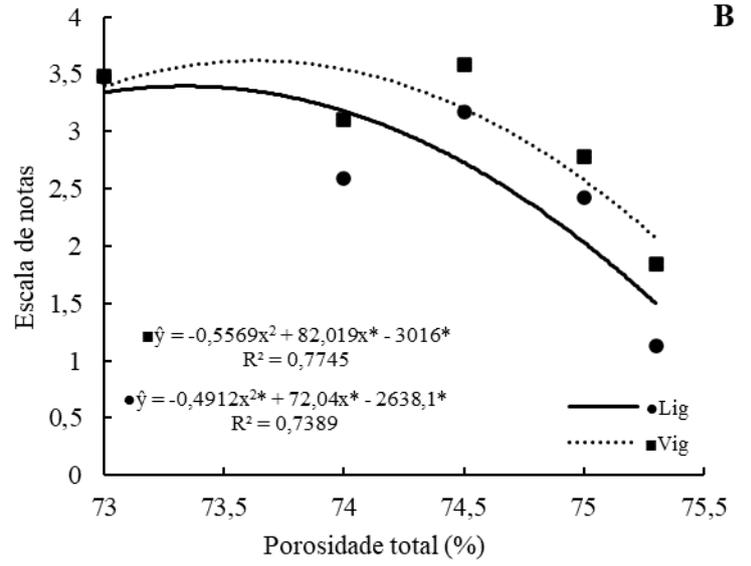
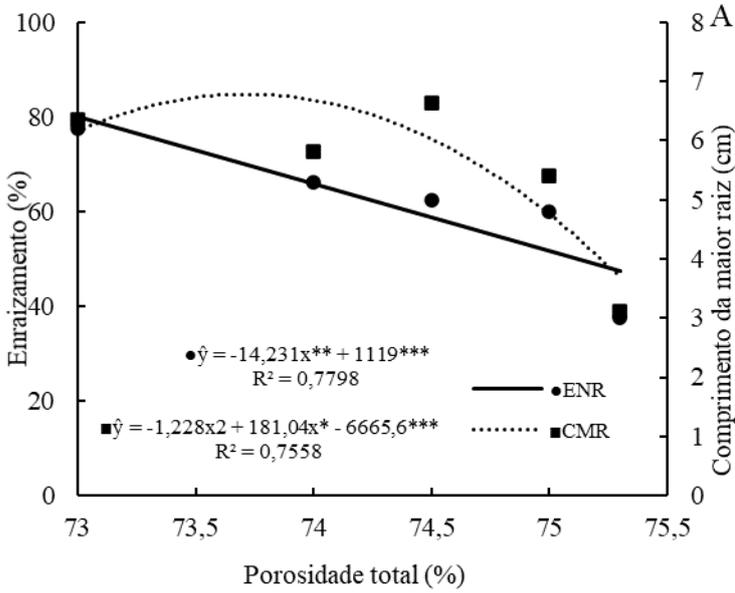


**Figura 3.5:** Relação entre microporosidade do substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Pacheco e Franco (2008) e Bastos et al. (2007) observaram maior comprimento de raiz de estacas em substratos com menor microporosidade. Pimentel et al. (2016) relatam que estacas de ipê-roxo submetidas a substrato composto por mistura de casca de pinus, vermiculita e areia lavada, com macroporosidade acima de 25%, apresentaram 20% de enraizamento e comprimento médio de raízes de 5,51 cm, enquanto a mistura da casca de pinus com a vermiculita proporcionou enraizamento acima de 70% e um comprimento médio de raiz de 14,61 cm.

Para goiabeira, substratos com porosidade total inferior a 60% reduziram o sucesso da estaquia (COSTA et al., 2017). Costa et al. (2017) argumentam que substratos

com baixa porosidade podem provocar um impedimento físico ao desenvolvimento de raízes, dificultar as trocas gasosas e também a movimentação e drenagem de água.

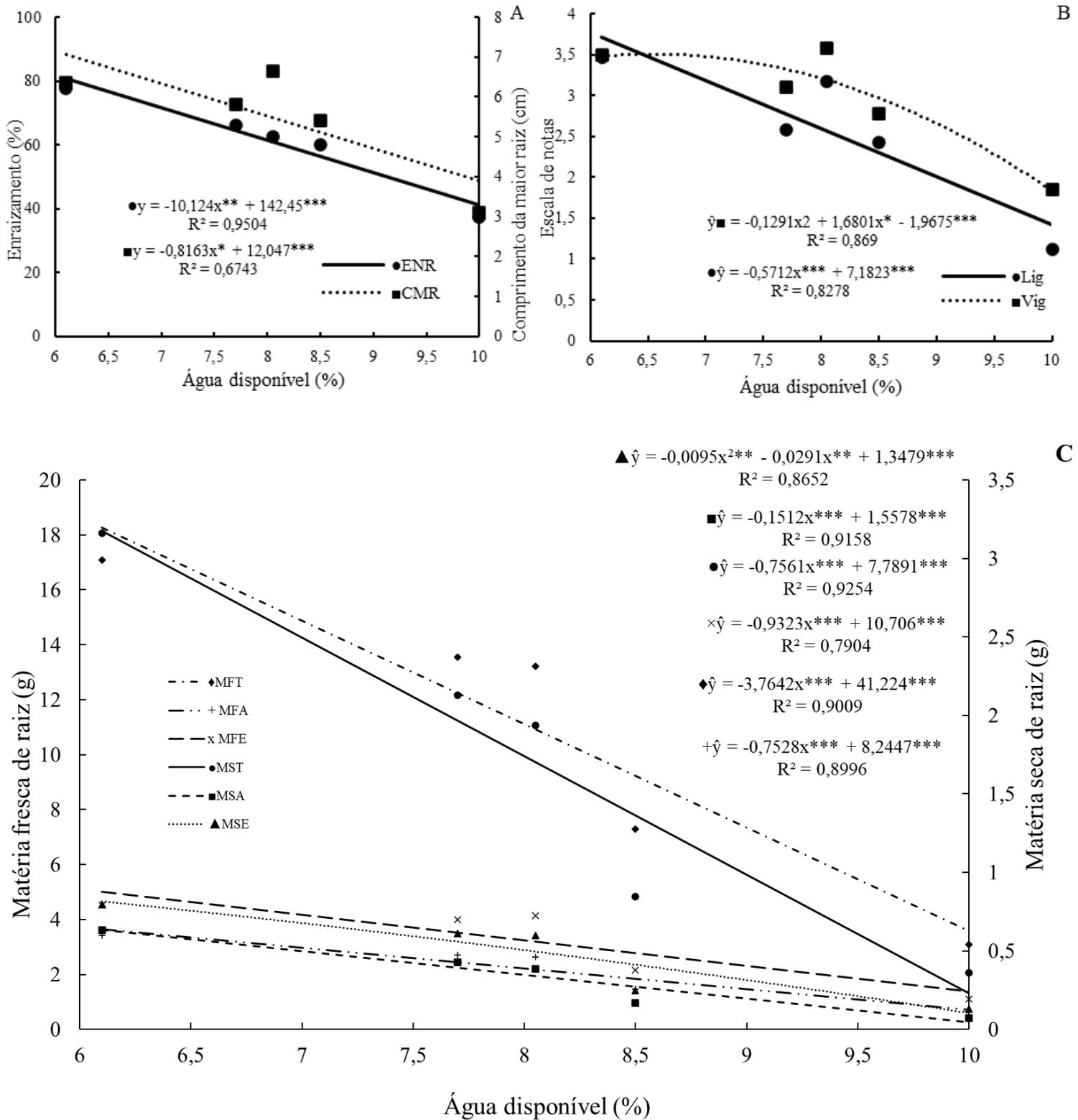


**Figura 3.6:** Relação entre porosidade total do substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Schmitz, Souza e Kampf (2002) argumentam que a porosidade total ideal de um substrato deve estar acima de 85%, no entanto, Riviere (1980) e Pimentel et al. (2016) recomendam uma porosidade total de cerca de 75%. Valores na faixa de 73% foram considerados adequados para alporquia de pequiizeiro (Figura 3.6A).

Fornes e Belda (2019) recomendam uma densidade entre 0,3 e 0,8 g cm<sup>-3</sup>, uma porosidade total superior a 85%, uma macroporosidade entre 15-40% e uma microporosidade entre 20 e 60%. Por outro lado, Carmona e Abad (2008) indicam uma densidade aparente superior a 0,4 g cm<sup>-3</sup>, macroporosidade entre 20 e 30% e microporosidade entre 52 e 68%. Neste estudo, a densidade aparente (0,275 g cm<sup>-3</sup>) do substrato Bioplant (melhor enraizamento) é inferior (Tabela 3.1) aos valores indicados pelos autores citados anteriormente, enquanto a macroporosidade é superior (39%).

As características avaliadas na alporquia foram influenciadas pela água disponível no substrato (Figura 3.7). A água disponível no substrato é definida como o volume de água retido sob tensões entre 10 e 100 cm de coluna d'água (COSTA et al., 2017). De forma geral, o enraizamento e a matéria fresca e seca de raízes foram superiores em substratos com menores teores de água disponível. (Figuras 3.7A e B).



**Figura 3.7:** Relação entre a água disponível e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

A mistura de substratos comerciais com outros substratos pode proporcionar aumento ou diminuição, dependendo da combinação, na água disponível para raízes (COSTA et al., 2017). Zorzeto et al. (2011) afirmam que a baixa porosidade em substratos pode causar restrição hídrica devido a reduzida capacidade de retenção de umidade. Estes autores ainda argumentam que a restrição hídrica no substrato pode ser solucionada com o aumento na frequência de irrigações, mas devido à dificuldade de reposição de água em alporques, esse processo nem sempre é viável.

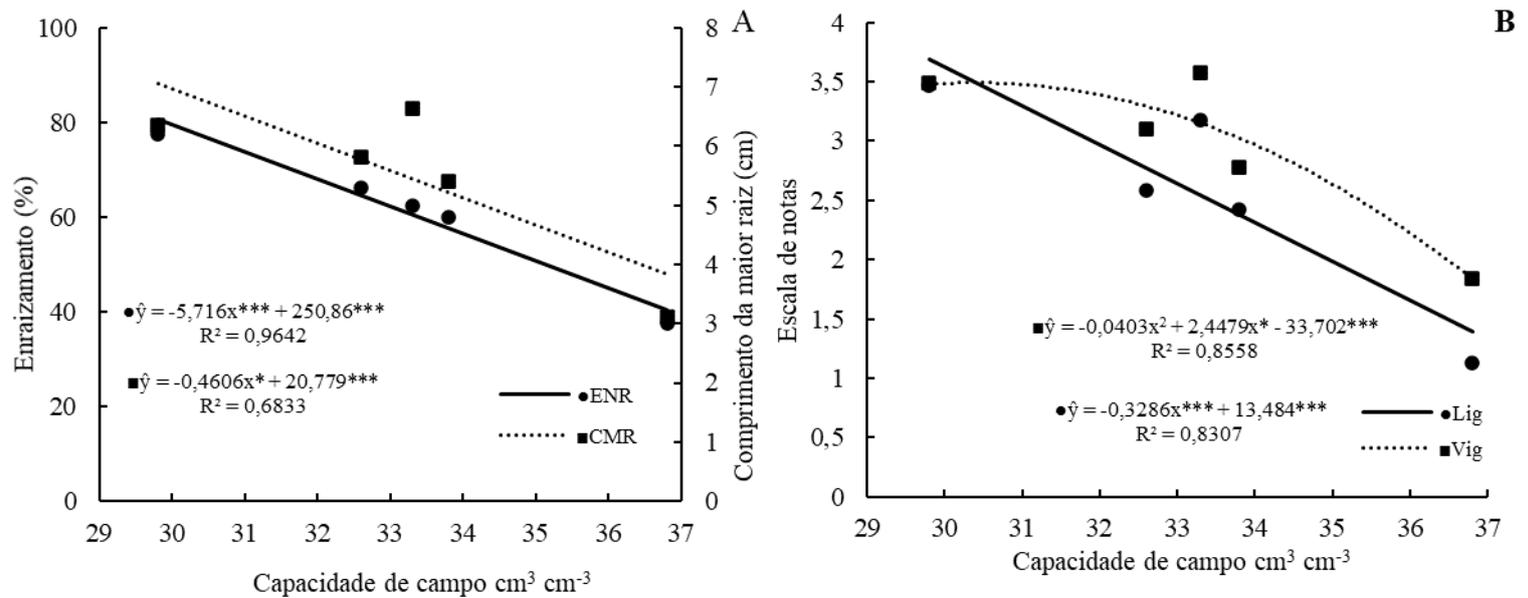
A faixa de água disponível ideal em um substrato situa-se entre 24 e 40% (SCHMITZ, SOUZA e KAMPF, 2002; PACHECO e FRANCO, 2008). Esses valores são superiores aos observados em todos os substratos avaliados neste estudo, sendo o menor valor de água disponível observado no substrato Bioplant®, com 6,1%, e o maior na fibra de coco, com 10,1% (Tabela 3.1). Para alporquia, o uso de substratos com teores de água disponível elevados deve ser evitado, visto que o excesso de água pode provocar o apodrecimento das raízes e também dos tecidos dos caules anelados.

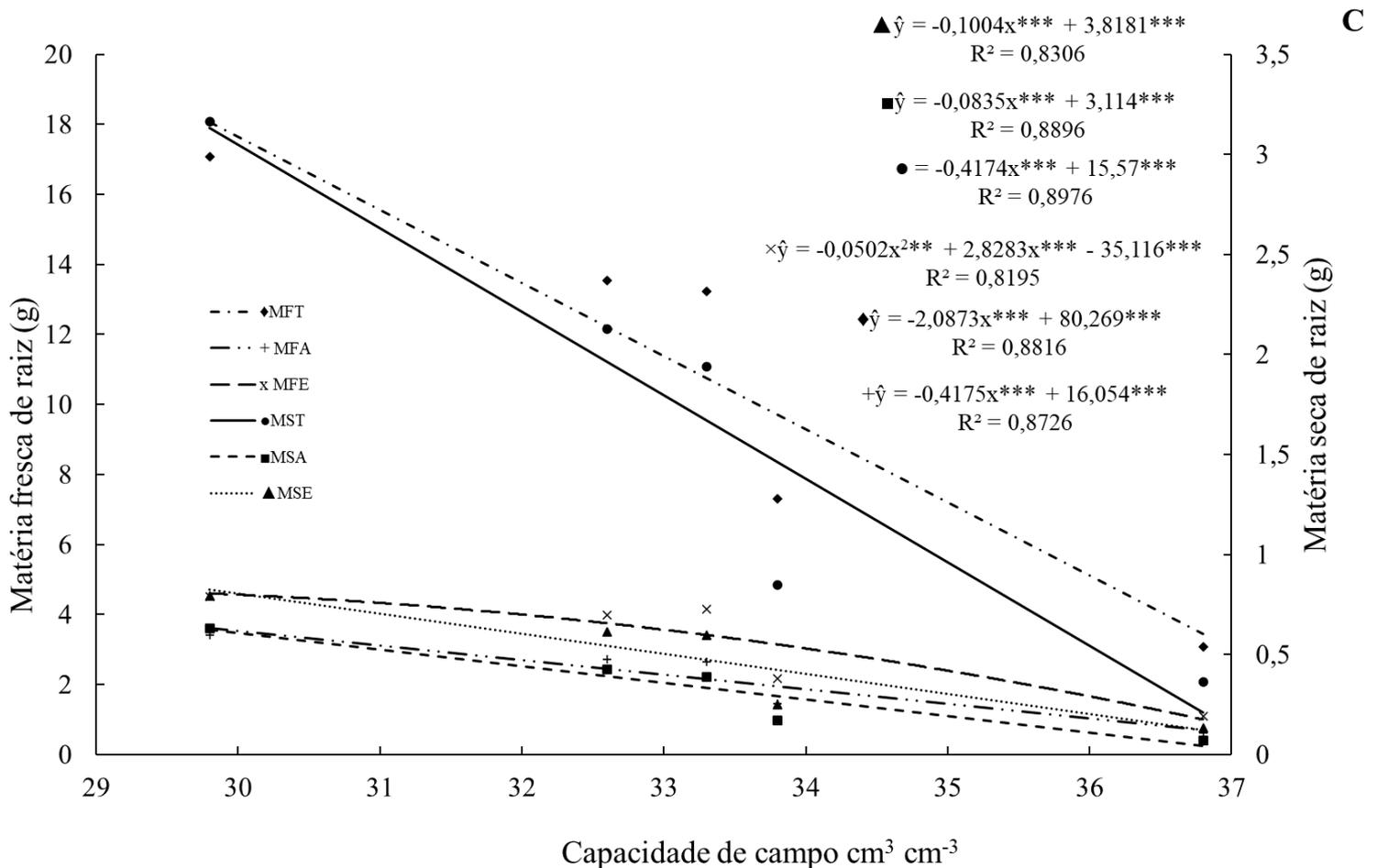
Apesar dos baixos teores de água disponível observados no Bioplant® (6,1%), a disponibilidade hídrica não foi limitante ao desenvolvimento de raízes de alporques de pequiizeiro. É importante ressaltar que não foi necessária a reposição de água no substrato durante os 5 meses de alporquia, provavelmente devido ao período de verão chuvoso (novembro-fevereiro) em que o experimento foi instalado, com precipitação média mensal acima de 150 mm (Figura 3.1).

Mendonça et al. (2010), avaliando o sucesso da estaquia de amoreira, observaram que substratos com baixa capacidade de retenção de água podem dificultar o enraizamento dessa espécie. Porém, neste estudo foi observado uma redução no enraizamento de alporques de pequiizeiro com fibra de coco, substrato com maior teor de água disponível. Esse fato pode ter ocorrido devido à característica de adaptação da espécie a condições de baixa disponibilidade hídrica, condição típica do Cerrado brasileiro. Zanotti et al. (2015) argumentam que o substrato fibra de coco pode ter sido inadequado à propagação de *Schlumbergera truncata* devido a sua elevada capacidade de retenção de água, sendo que as raízes dessa espécie não toleram encharcamento, assim como o pequiizeiro.

Para a capacidade de retenção de água do substrato, Fornes et al. (2017) relatam que para tomateiro, valores superiores a 7.220 mL de água por quilograma (72%) de substratos proporcionaram o melhor desenvolvimento de raízes, enquanto um substrato com apenas 820 mL Kg<sup>-1</sup> de substrato proporcionou desenvolvimento inferior.

De forma semelhante à água disponível, substratos com capacidade de campo e ponto de murcha permanente mais baixos foram superiores aqueles com valores mais elevados (Figuras 3.8 e 3.9). A capacidade de campo representa a umidade potencial do substrato na tensão de 10 kPa, sendo esse o limite de água que um substrato pode reter, estando prontamente disponível para absorção radicular (EMBRAPA, 2017). Já o ponto de murcha permanente (PMP) indica a umidade potencial de 1.500 kPa, sendo esse o ponto onde as plantas murcham e não recuperam sua turgidez (TAIZ et al., 2017).



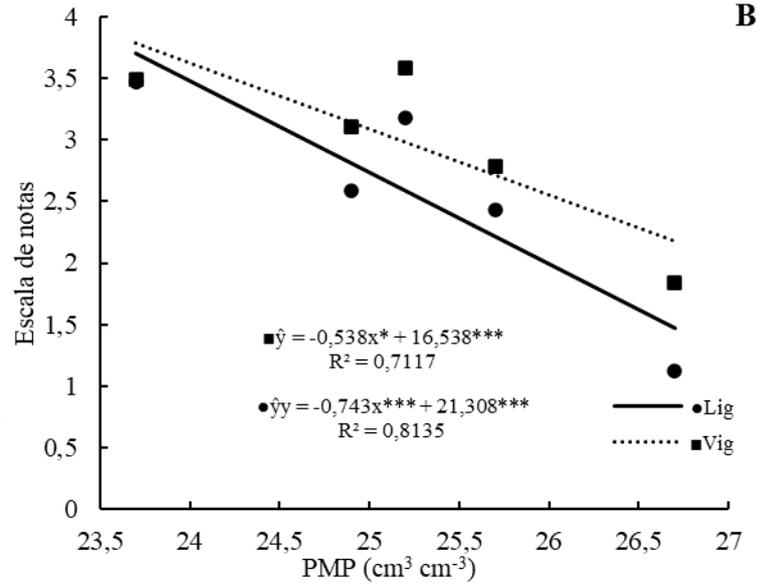
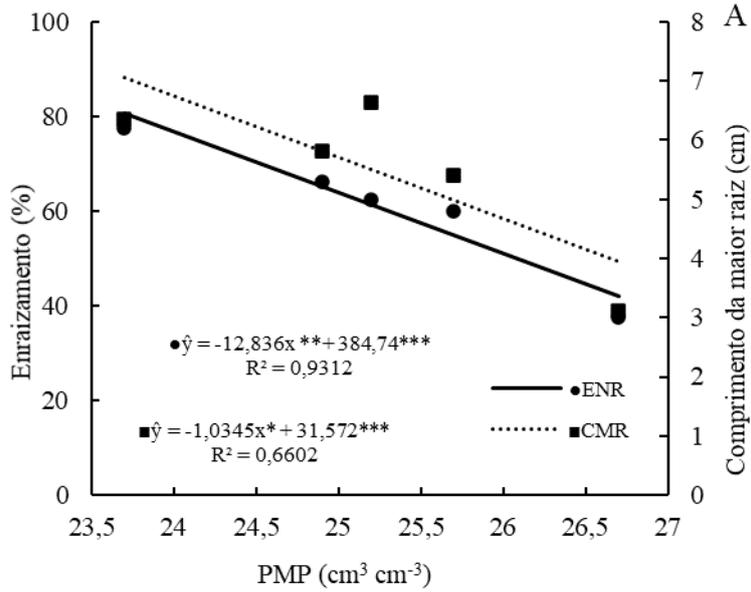


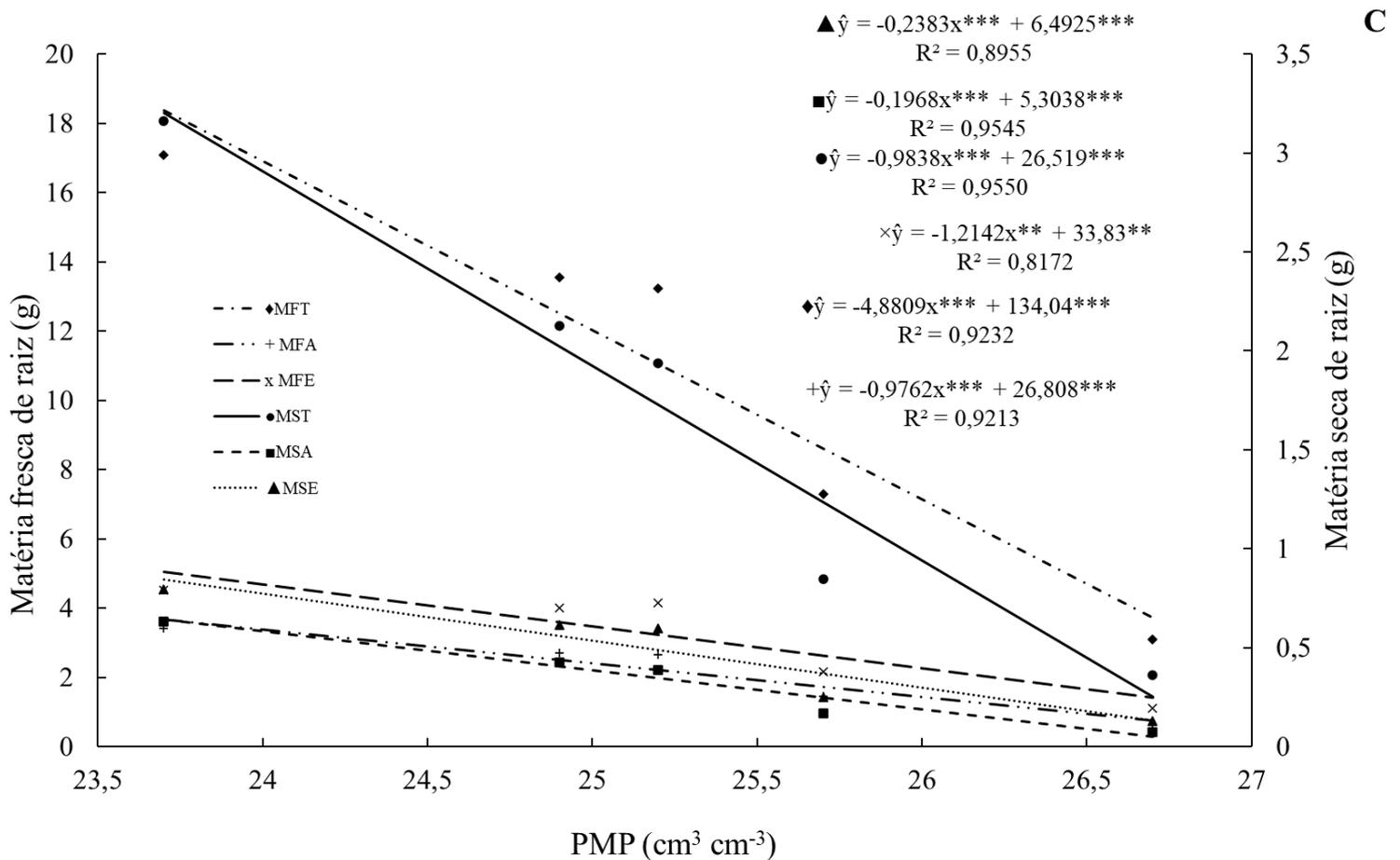
**Figura 3.8:** Relação entre a capacidade de campo e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

As variáveis enraizamento, maior comprimento de raiz e matéria seca e fresca de raízes apresentaram efeito linear decrescente para ambas as características físicas de substrato. Dessa forma as características físicas relacionadas a umidade no substrato utilizado na alporquia de pequiizeiro são de suma importância, devendo ser observado o limite de aplicação de água durante a preparação do substrato. Tatagiba et al. (2009) observaram que clones de eucalipto produziram maior matéria seca de parte aérea e raízes quando enraizados em substratos com menor disponibilidade hídrica.

Fornes e Belda (2019) afirmam que dentre as características de um substrato, as características físicas, notadamente porosidade total, micro e macroporosidade são as

mais importantes, pois estas não podem ser corrigidas durante o processo de crescimento das raízes, enquanto as características químicas como pH, presença de nutrientes e salinidade podem ser corrigidas antes do processo de alporquia (BELDA, LIDÓN e FORNES, 2016). Dessa forma, as características físicas tendem a ser mais limitantes que as características químicas de substratos.





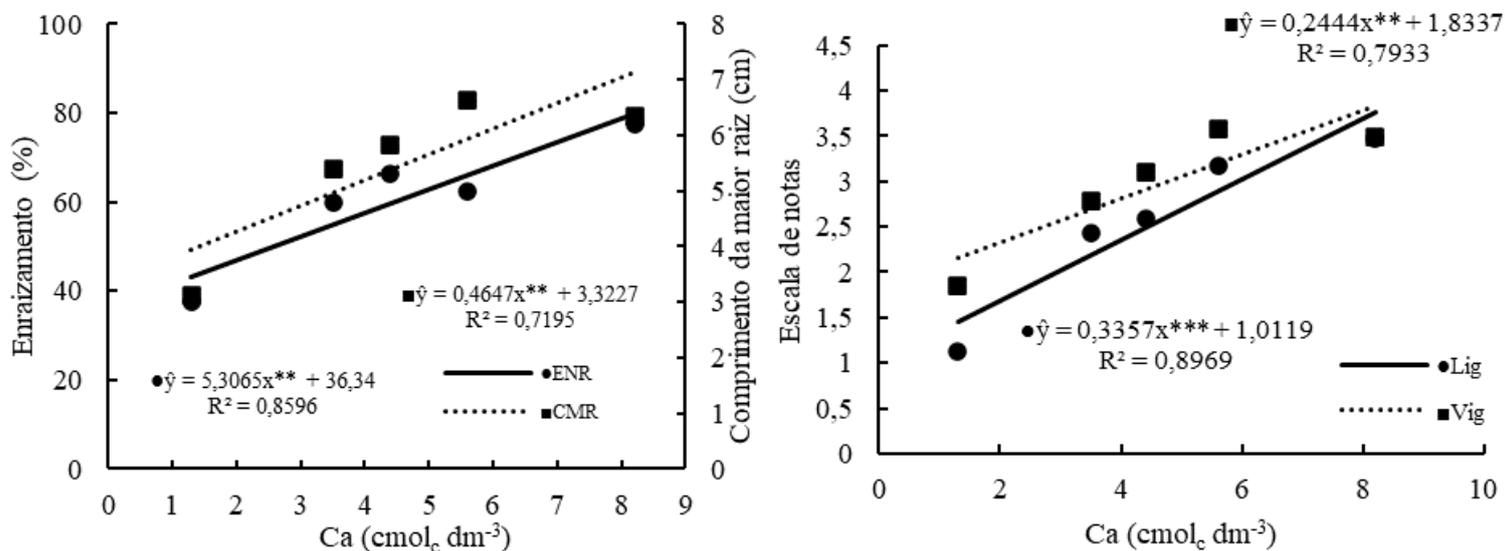
**Figura 3.9:** Relação entre o ponto de murcha permanente e: A-porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

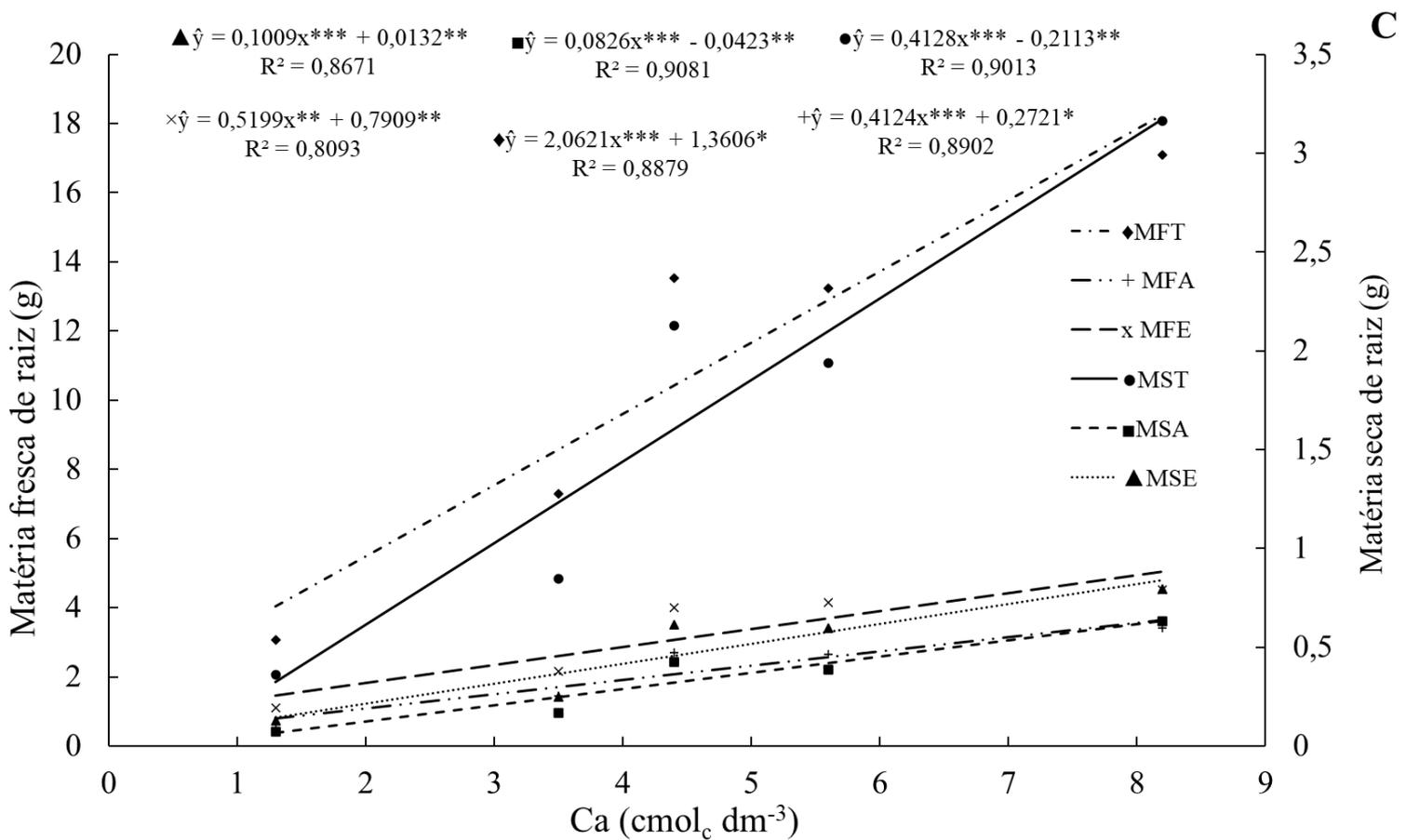
De Souza Diniz et al. (2015), avaliando a produção de porta enxertos de goiabeira em diferentes substratos, observaram que o uso de um substrato com menor capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível proporcionaram maior matéria seca de raízes e, de forma geral, melhor produção de porta enxertos dessa espécie, comportamento semelhante ao observado no presente estudo.

Foi observado efeito linear crescente para a presença de cálcio nos substratos avaliados (Figura 3.10). O substrato Bioplant® apresentou os maiores teores de cálcio (8,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), e também a maior taxa de enraizamento (77,5%), matéria fresca e seca de raiz (17,08g e 3,16g, respectivamente). Por outro lado, o substrato contendo apenas a

fibra de coco apresentou menores teores de cálcio ( $1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), menor enraizamento (37,5%) e matéria fresca e seca de raízes (3,08 g e 0,362g, respectivamente). Essa diferença no enraizamento observada entre os dois substratos pode ser explicada pela maior absorção desse nutriente, essencial na diferenciação celular e posteriormente no volume de enraizamento.

Outro nutriente importante no enraizamento é o magnésio, sendo observando um aumento linear da porcentagem de enraizamento e da matéria fresca e seca com o uso de substratos com teores mais elevados de magnésio. O substrato Bioplant® apresentou o maior teor de Mg ( $3,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e a fibra de coco o menor teor ( $1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Figura 3.11).

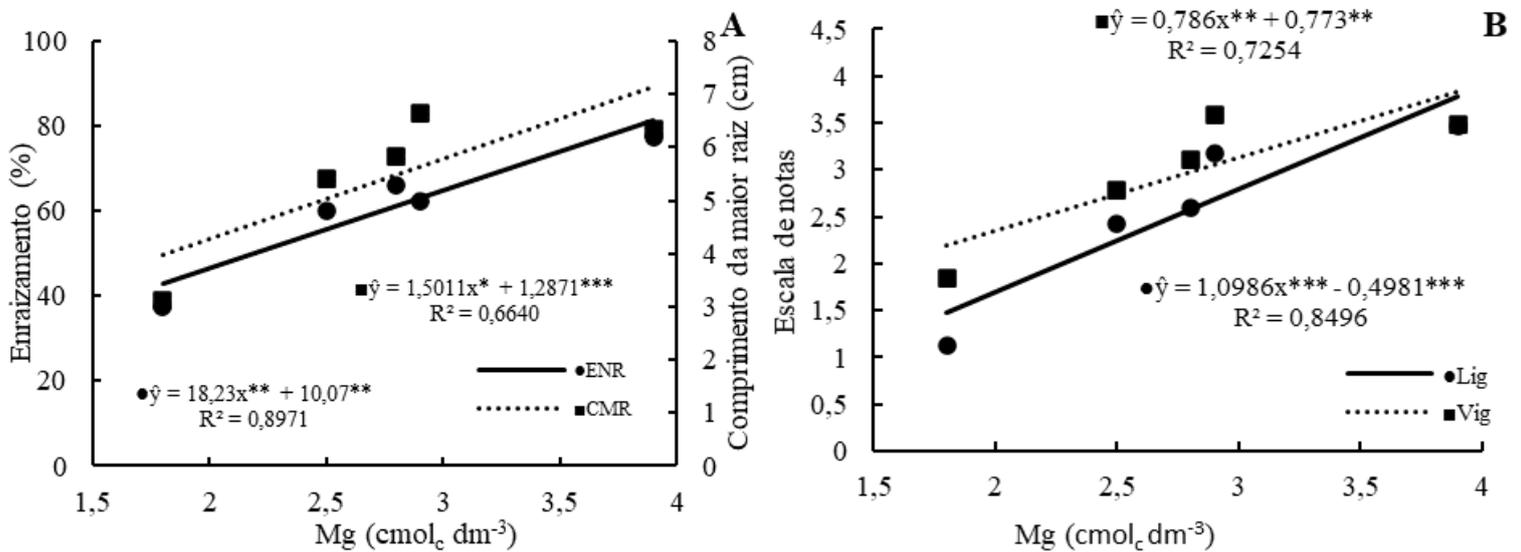


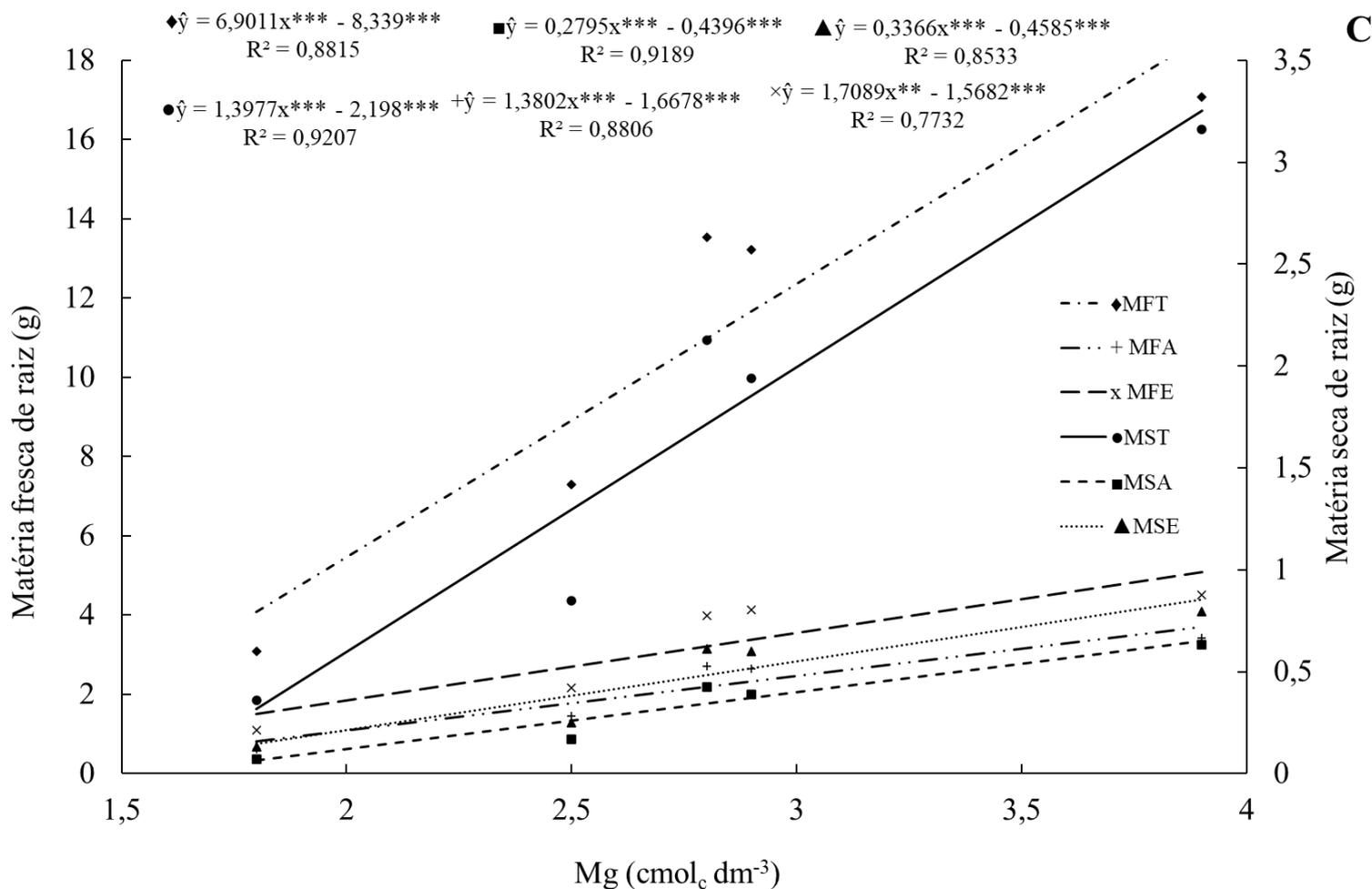


**Figura 3.10:** Relação entre o teor de cálcio (Ca) no substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Bakht et al. (2015) observaram o aumento no enraizamento de estacas de *Schefflera arboricola*, espécie nativa da Ásia, com suplementação de cálcio e magnésio no substrato. Estes autores relataram aumento da porcentagem de enraizamento das estacas de 69% (controle) para 89% em maiores doses. Bakht et al. (2015) argumentam que o cálcio e o magnésio, essenciais no crescimento e desenvolvimento de raízes, podem ter aumentado a divisão celular e formação radicular. Resultado semelhante foi observado por Ichikawa, Fernandes e Mota (2019), que observaram efeito positivo da suplementação de cálcio via substrato, no enraizamento e comprimento de raízes de estacas de batata doce. Cunha et al. (2009) também observaram efeito positivo do magnésio no enraizamento de estacas de diversos clones de eucalipto.

Giel e Bojarczuk. (2010) suplementaram o substrato utilizado na estaquia de *Rhododendron* e obtiveram um maior comprimento de raiz (60 cm) com aplicação de 473 ou 1807 mol dm<sup>-3</sup>, sendo que a maior dose de 3453 mol dm<sup>-3</sup> proporcionou uma redução expressiva do comprimento de raiz (40 cm). Para a matéria seca de raiz, a dose de 473 mol dm<sup>-3</sup> foi a mais indicada por proporcionar 1,5 g, além de serem observados maiores teores de Mg, S e P nos tecidos radiculares, indicando assim maior absorção e mobilização destes nutrientes já presentes no substrato, provavelmente pelo efeito do cálcio, que pode controlar a atividade de diversas enzimas que participam da absorção de água e nutrientes (GIEL e BOJARCZUK., 2010).





**Figura 3.11:** Relação entre o teor de magnésio (Mg) no substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

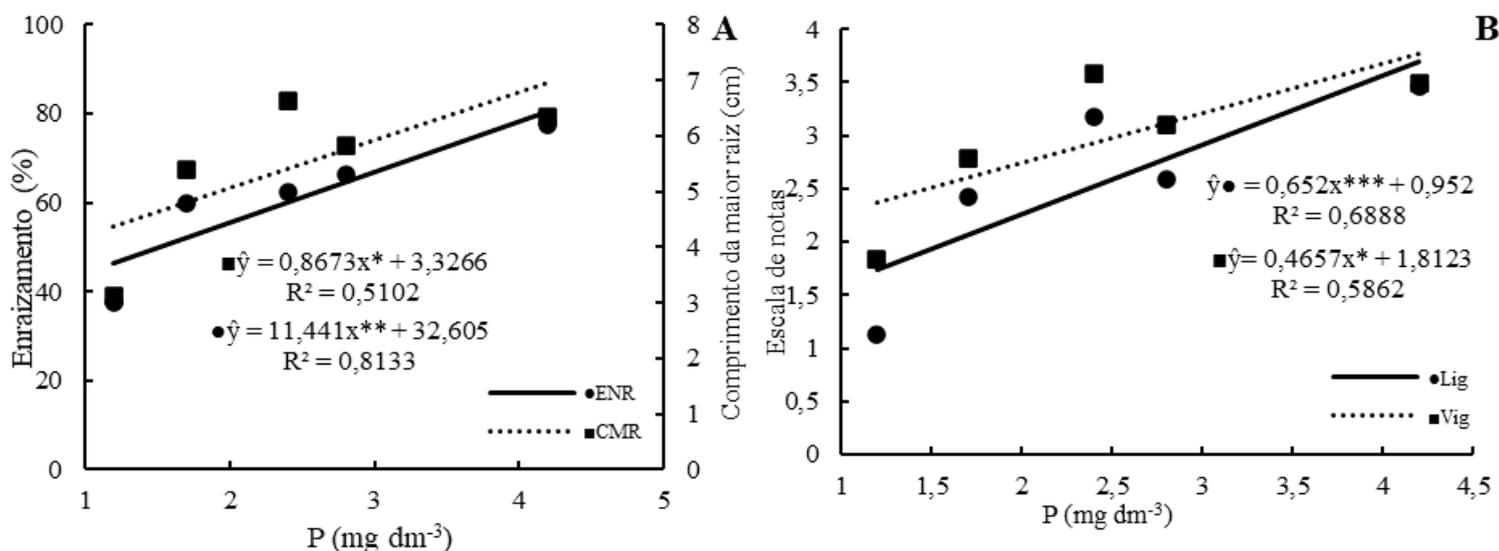
Ambos os nutrientes Ca e Mg influenciaram o comprimento da maior raiz e as escalas de notas avaliadas (Figuras 3.10B e 3.11B), induzindo um enraizamento mais adequado de alporques de pequiheiro, sendo muito importantes na fase de produção e plantio em campo dos alporques, visto que esses alporques com maior comprimento raízes devem proporcionar uma absorção de água e nutrientes adequadas para a sua manutenção em campo.

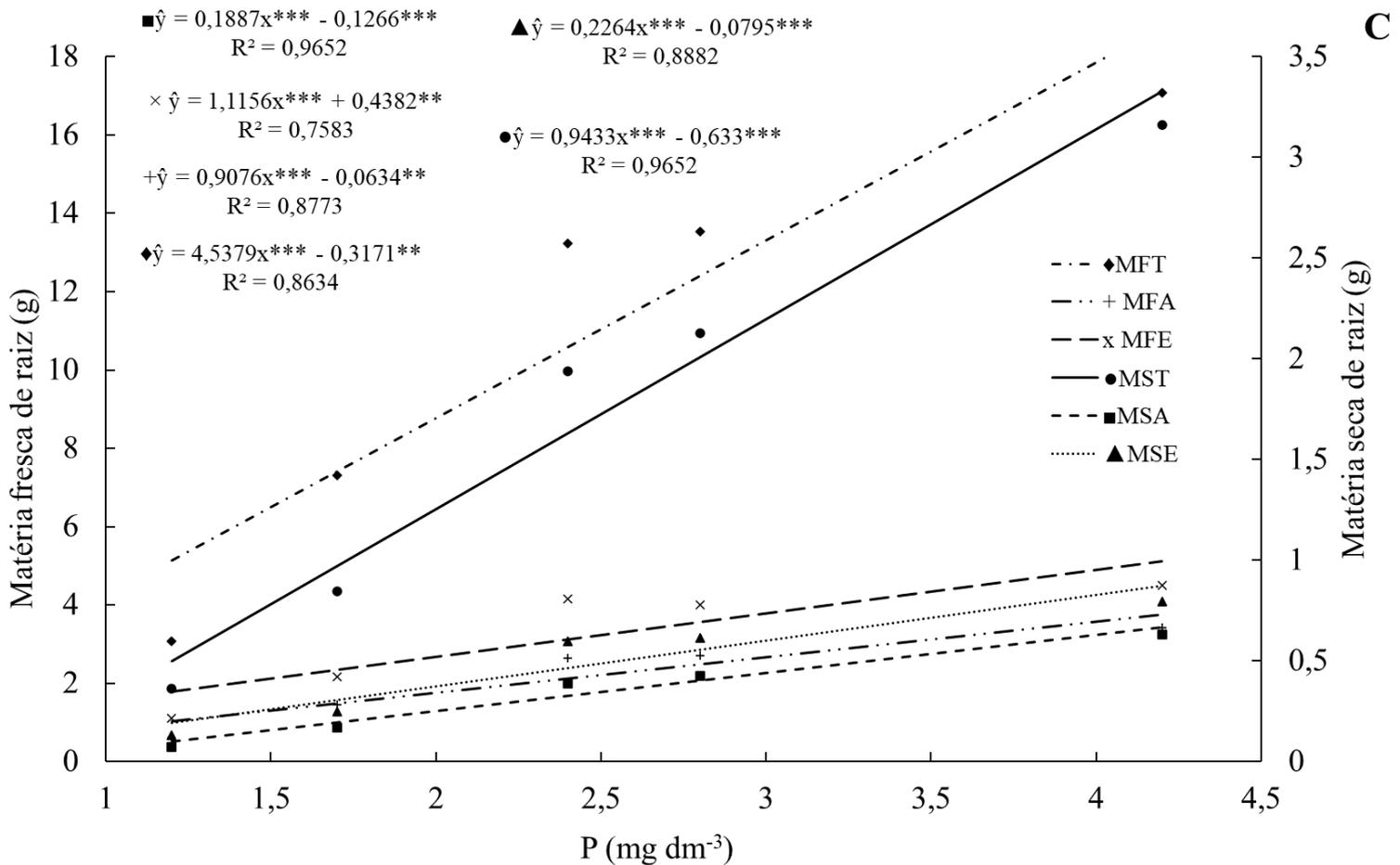
O fósforo influenciou todas as características de enraizamento avaliadas (Figura 3.12). Pela análise da regressão, todas as variáveis responderam às doses presentes nos substratos, sendo que as características enraizamento, matéria fresca e matéria seca de

raiz apresentaram coeficiente de determinação  $R^2$  superiores a 0,7. Essas variáveis cresceram linearmente com os teores de fósforo presentes nos substratos avaliados, sendo que o Bioplant® apresentou os maiores teores desse nutriente e a fibra os menores ( $4,2$  e  $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente).

Da Silva et al. (2012) observaram um maior acúmulo de matéria seca na raiz de estacas de *Hyptis suaveolens* L. em substratos contendo maiores teores de fósforo e potássio ( $265$  e  $494 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Estes autores ainda observaram uma elevada taxa de enraizamento em substratos com elevada porosidade, mas baixo acúmulo de matéria seca nas raízes devido aos baixos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos mesmos, demonstrando assim que o substrato pode proporcionar boa porcentagem de enraizamento, mas apresentar características físicas e químicas inadequadas ao seu desenvolvimento em comprimento e volume. Assim, o sucesso na propagação depende tanto de características físicas adequadas, como também de características químicas.

Khandan-Mirkohi, Schenk e Fereshtian (2015), avaliando a aplicação de fósforo de forma suplementar no substrato utilizado na estaquia de *Euphorbia pulcherrima*, relataram uma maior matéria seca quando as doses suplementares de fósforo foram superiores a  $35 \text{ mg}$  por litro de substrato.





**Figura 3.12:** Relação entre o teor de fósforo (P) no substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Testando de diferentes doses de soluções nutritivas com macro e micronutrientes na propagação de *Khaya anthotheca* por alporquia, Barbosa et al. (2016) observaram que a aplicação da solução contendo 100% da concentração proporcionou 75% de enraizamento, enquanto a aplicação da solução em 25% da dose promoveu apenas 55% de enraizamento. Resultados semelhantes foram obtidos neste estudo, no qual foram observadas maiores taxas de enraizamento (75%) quando os alporques foram submetidos a substratos com maiores teores dos nutrientes fósforo, cálcio e magnésio.

Pela análise da regressão (Figura 3.13), o potássio teve efeito quadrático nas variáveis porcentagem de enraizamento, matéria fresca e seca de raízes. O enraizamento

foi inferior a 40% em substratos com teores mais elevados de K, como por exemplo a fibra de coco ( $5,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). O máximo enraizamento foi observado no teor de K de  $3,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Figura 3.13A), relativamente próximo ao teor de  $2,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  apresentado pelo Bioplant®.

Pacheco e Franco (2008) observaram que a estaquia de *Luehea divaricata* é influenciada pelas características químicas dos substratos utilizados no seu enraizamento. Estes autores obtiveram maior sucesso na estaquia em substratos contendo maiores teores de potássio, fósforo, cálcio e matéria orgânica. Resultados semelhantes foram observados neste estudo para alporquia de pequizeiro, onde o substrato com maior teor de cálcio, fósforo e magnésio proporcionou maior enraizamento, comprimento e matéria fresca e seca de raiz. No entanto, para pequizeiro foi observado que teores mais elevados de potássio, acima de  $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , afetaram as características citadas anteriormente. Esse efeito de redução no enraizamento pode ser explicado pelo aumento da salinidade que o potássio pode ter causado ao substrato.

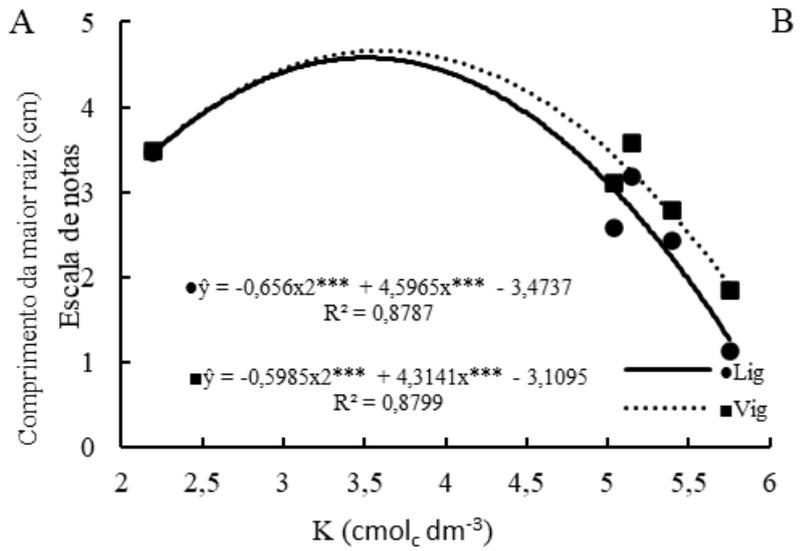
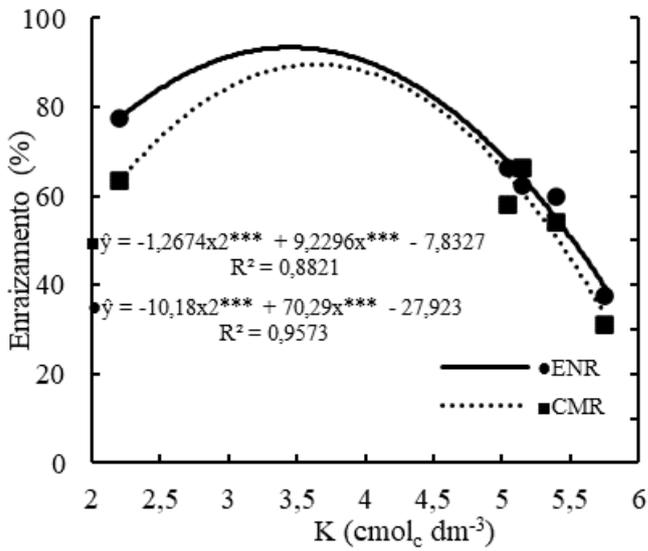
Osterc et al. (2000) observaram um comportamento quadrático para o enraizamento de estacas de cerejeira em função da suplementação de potássio aplicada no substrato de enraizamento. Estes autores relataram um enraizamento de 70% com a aplicação de solução na concentração 0,59% de cloreto potássio, enquanto as doses de 0,72% e 0,53% proporcionaram um enraizamento de 24% e 62% respectivamente.

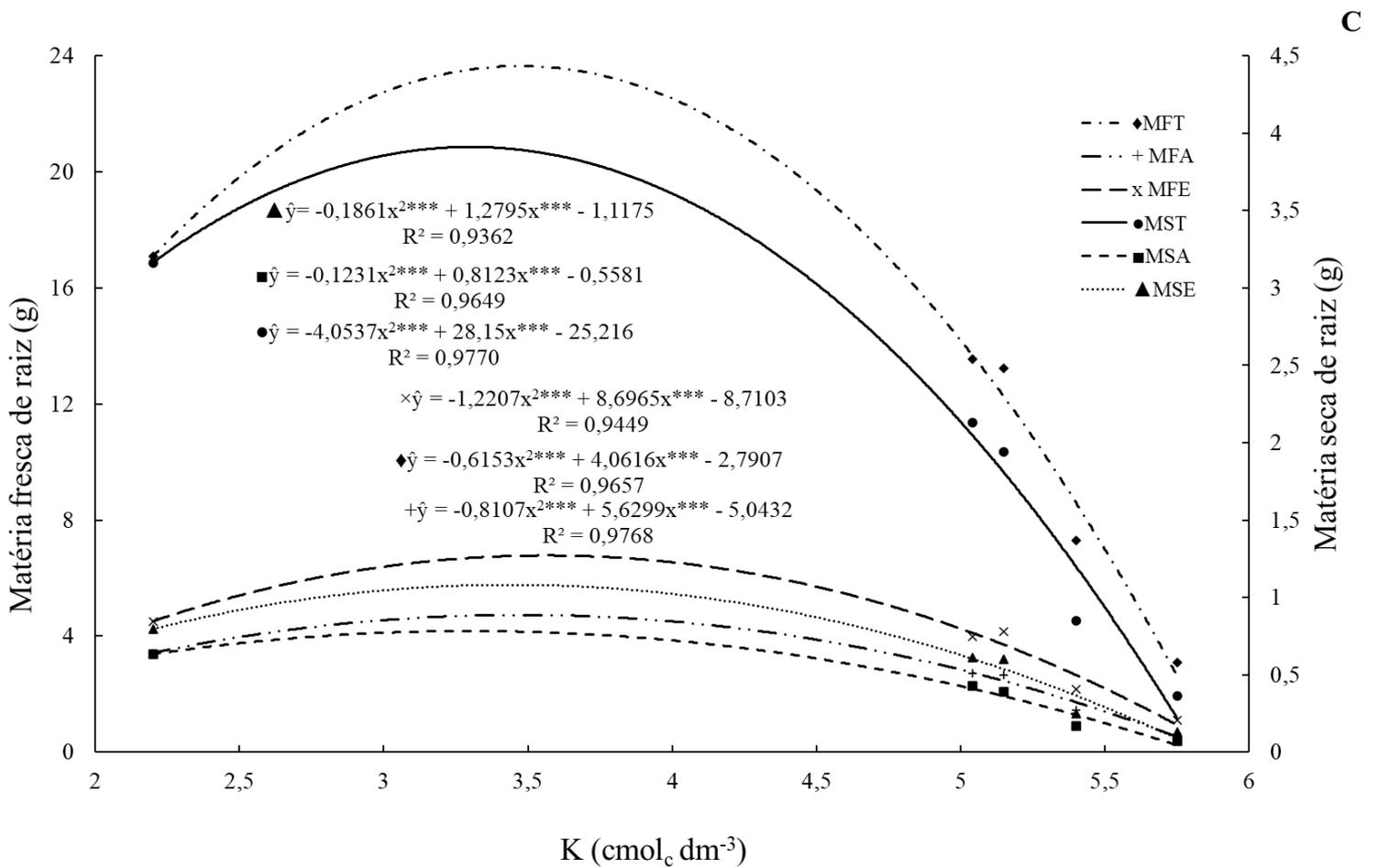
Fornes, Mendoza-Hernandez e Belda (2013), avaliando a estaquia de *Euonymus japonicus* e *Lavandula angustifolia* obtiveram uma relação quadrática entre a porcentagem de enraizamento e o teor de sódio e potássio presentes nos substratos. As doses de potássio superiores a  $5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  provocaram uma redução de 40% no enraizamento, enquanto as doses de sódio acima de  $1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  reduziram o enraizamento de 100% para 60%. Mendoza-Hernandez, Fornes e Belda (2014) relataram teores mais baixos de potássio ( $3,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e sódio ( $0,86 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) como limites para a estaquia de *Rosmarinus officinalis* L. Os teores de potássio e sódio observados neste estudo como limites para alporquia de pequizeiro são  $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , próximos aos limites relatados pelos autores citados (Figuras 3.13 e 3.14).

Chen et al. (2003), avaliando o efeito de características físicas e químicas de substratos na estaquia de três espécies *Epipremnum aureum*, observaram que as características físicas e químicas de substratos não influenciaram a porcentagem de

enraizamento das estacas, mas relataram o aumento do comprimento médio de raízes quando o substrato utilizado possuía porosidade total acima de 60%. Adicionalmente, também observaram que o comprimento de raízes foi superior nos substratos com teor de sódio abaixo de 100 ppm e para potássio, substratos com teores acima de 1.000 ppm foram limitantes ao desenvolvimento das raízes em comprimento.

Fornes e Belda (2019) relataram o aumento no enraizamento de estacas de *Rosmarinus officinalis* e *Phillyrea angustifolia* em substratos com maiores teores de fósforo, nitrogênio e potássio.





**Figura 3.13:** Relação entre o teor de potássio (K) no substrato e: A-porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

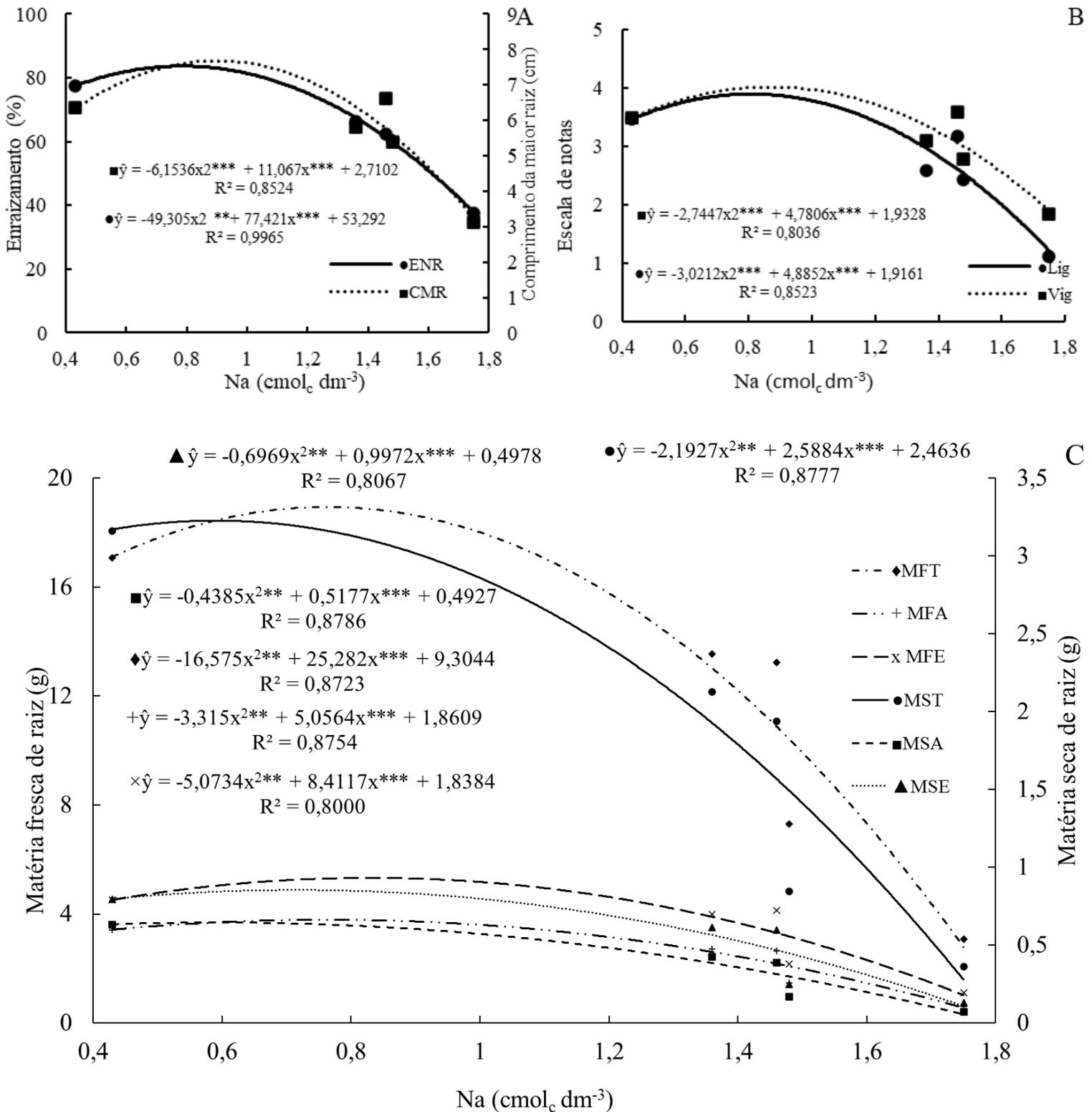
Diversos estudos na literatura relatam que o pequizeiro, em campo, não responde positivamente a calagem e adubação (CARLOS et al., 2014; MIRANDA et al., 2016) devido à adaptação da espécie aos solos do cerrado brasileiro, pobres em nutrientes, principalmente fósforo. Os estudos com adubação de pequizeiro, de forma geral, avaliam apenas o desenvolvimento e a resposta da parte aérea e da produção de frutos em resposta às doses de adubação. Nesse caso, a planta pode estar absorvendo e mobilizando os nutrientes fósforo, cálcio e magnésio para a formação de raízes, que em estudos de curto a médio prazo não iriam refletir necessariamente em um maior crescimento da planta e produção de frutos.

Os resultados deste estudo indicam que teores mais elevados de nutrientes podem proporcionar uma resposta positiva na porcentagem de enraizamento e também na matéria fresca e seca de raízes durante a fase de alporquia, porém mais estudos são necessários para avaliar a eficiência do Ca, Mg, K e P durante o desenvolvimento das mudas de pequizeiro propagadas por alporquia.

O enraizamento de alporques de pequizeiro foi influenciado significativamente pela presença de sódio no substrato (Figura 3.14A). Teores de sódio superiores a  $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  estão associados à redução no enraizamento e comprimento da maior raiz (Figura 3.14A), nas escalas de notas (Figura 3.14B) e na matéria seca e fresca de raízes (Figura 3.14C). Esse comportamento de redução nas características de enraizamento de alporques em teores mais elevados de sódio pode estar relacionado à salinidade do substrato e também a toxicidade do sódio em doses mais elevadas.

Da Silva et al. (2012) observaram que estacas de *Hyptis suaveolens* L. apresentaram menor porcentagem de enraizamento e comprimento de raiz em um substrato com um elevado teor de sódio em sua composição ( $82 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Resultado semelhante foi observado em estaquia de cafeeiro (BERILLI et al., 2018) e *Schlumbergera truncata* Haw (ZANOTTI et al., 2015).

A saturação por sódio apresentou efeito linear decrescente nas características de enraizamento (Figura 3.15). O substrato fibra de coco apresentou elevada saturação por sódio (17%) em relação ao Bioplant® (3%). Com o aumento da presença de fibra de coco no substrato foi observada uma redução expressiva no enraizamento dos alporques de pequizeiro (77,5% sem fibra, até 37,5% em 100% de fibra de coco).

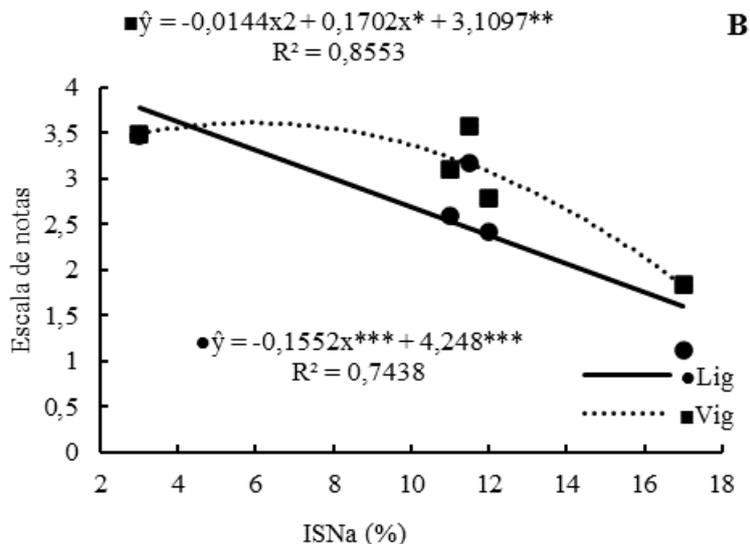
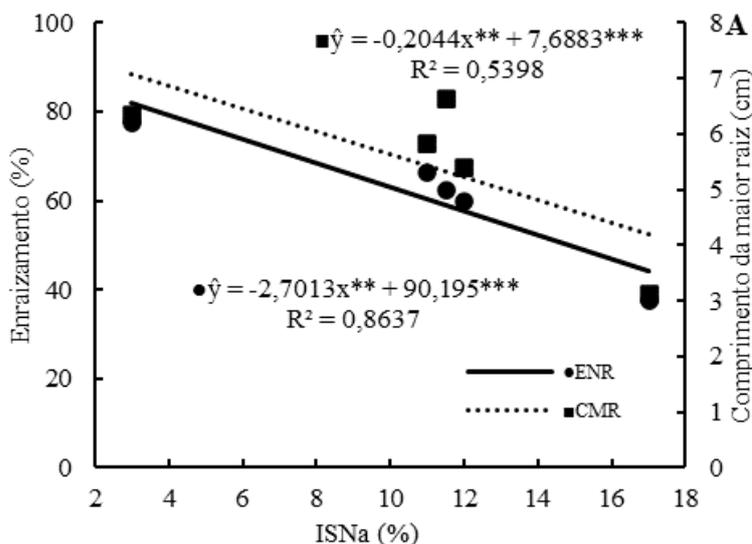


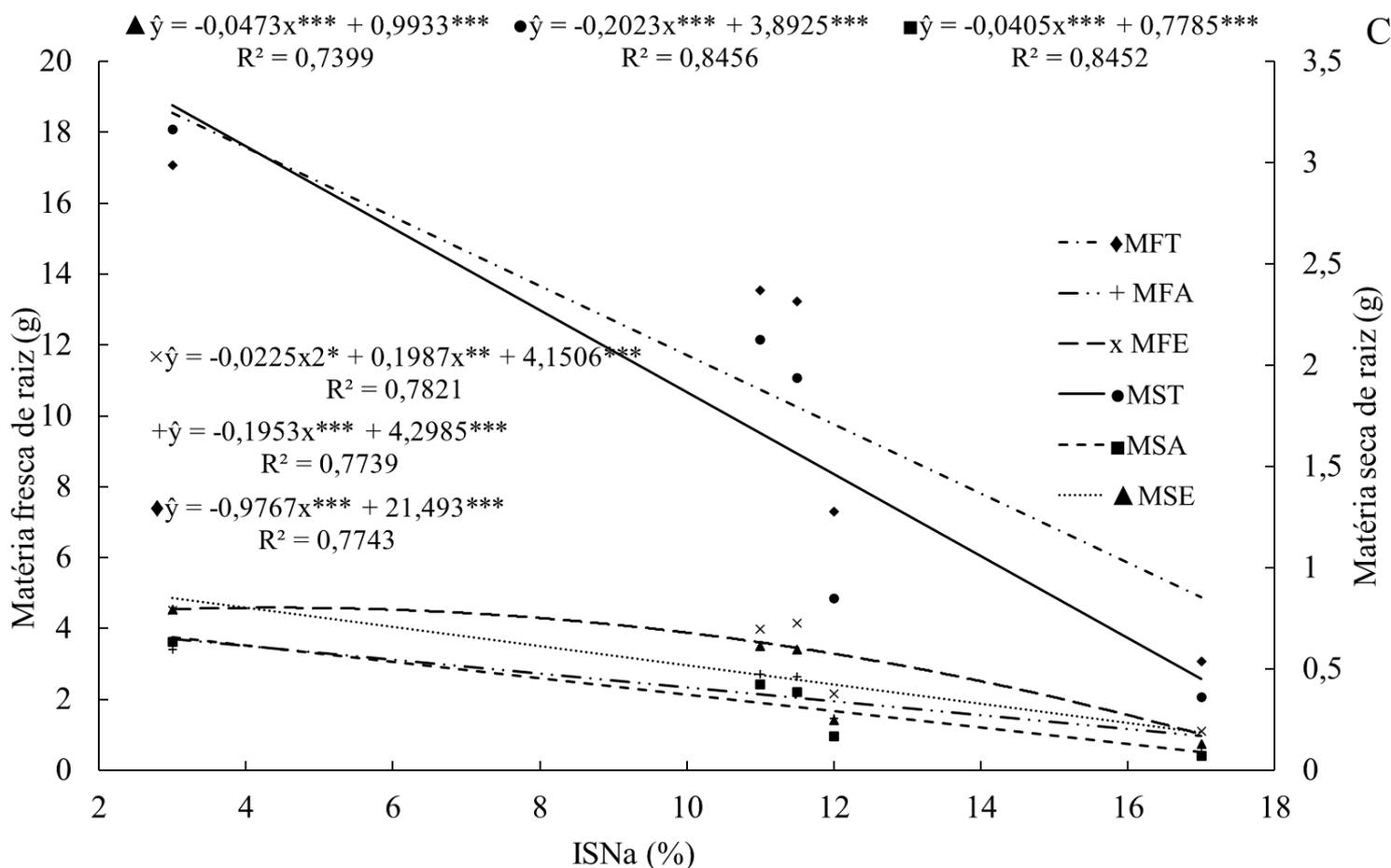
**Figura 3.14:** Relação entre o teor de sódio (Na) no substrato e: A- porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Fornes, Mendoza-Hernandez e Belda (2013), por meio da análise da regressão, observaram um efeito quadrático na matéria seca de raízes de *Euonymus japonicus* propagadas por estaquia em função dos teores de potássio e sódio presentes em misturas de substratos, sendo os substratos com teores mais elevados desses nutrientes os piores para a propagação dessa espécie.

Zanotti et al. (2015) relataram um menor desenvolvimento de brotos de *Schlumbergera truncata* Haw enraizados em substrato composto por fibra de coco que apresentava índice de 6% de saturação por sódio (ISNa). Outro fator que pode ter influenciado negativamente o desenvolvimento dessa espécie em fibra de coco são seus baixos valores de Ca, Mg e CTC.

A diferença entre o ISNa da fibra de coco observada por Zanotti et al. (2015) e a relatada neste estudo (17%) pode ter ocorrido devido à origem da fibra de coco, que pode causar heterogeneidade em suas propriedades físico-químicas, e também a diferenças no tamanho de partículas e sua distribuição causadas durante sua produção (ABAD et al., 2005).



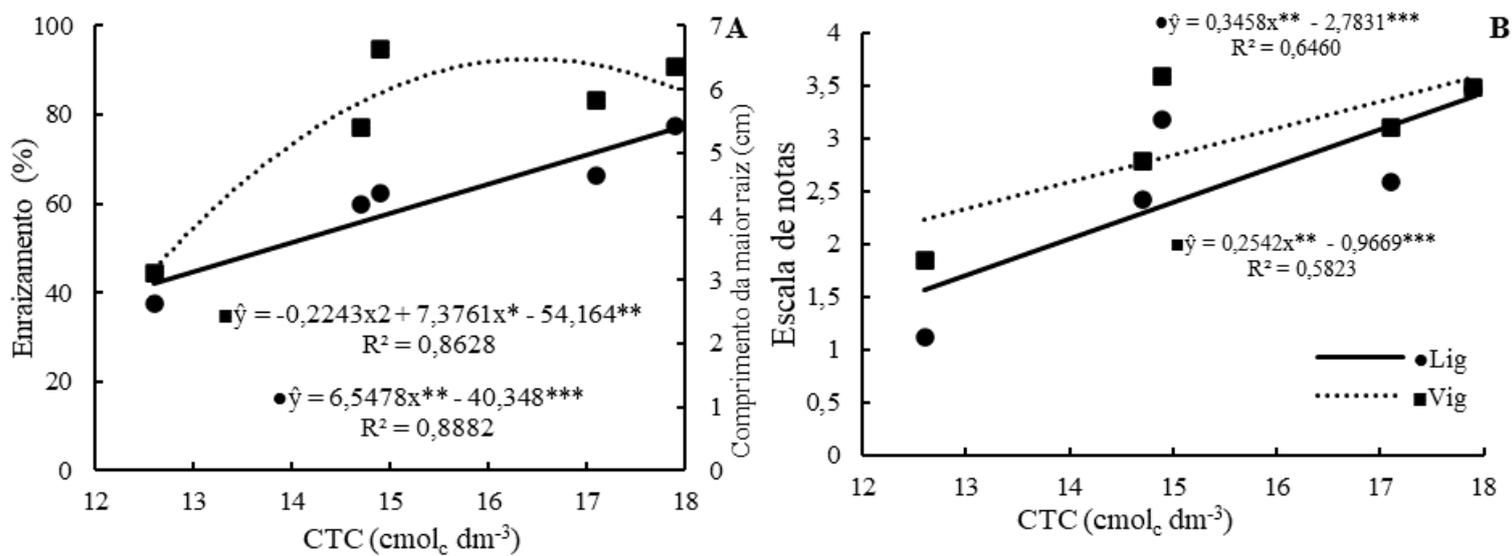


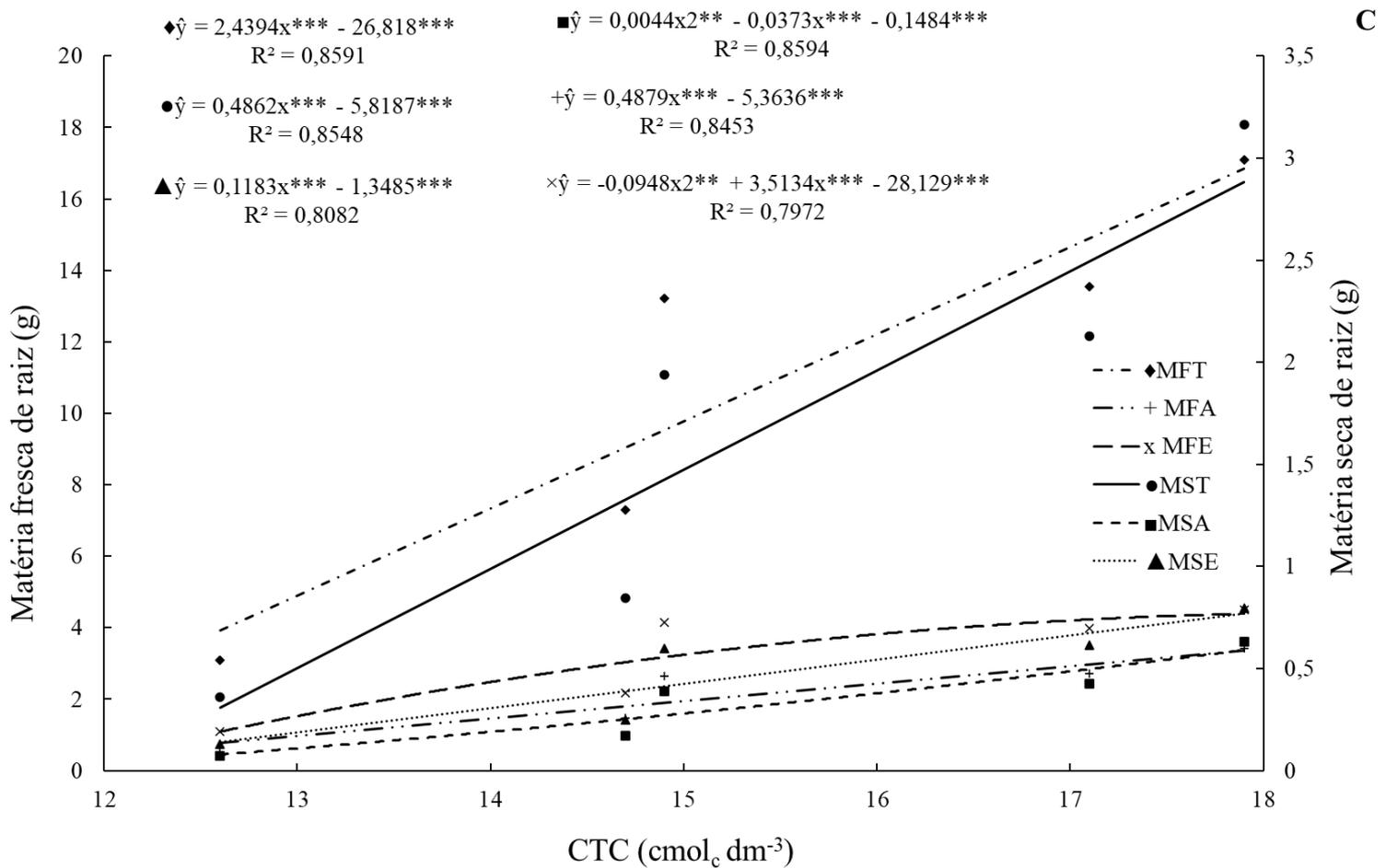
**Figura 3.15:** Relação entre o índice de saturação por sódio (ISNa) no substrato e: A – porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Mendoza-Hernández, Fornes e Belda (2014) avaliaram o enraizamento de estacas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função de diferentes teores de potássio e sódio, e observaram uma redução expressiva do enraizamento nessa espécie com maiores doses desses nutrientes. Por meio da análise da regressão, esses autores observaram efeito quadrático das doses de potássio e sódio no enraizamento das estacas. Neste estudo, também foi observado efeito quadrático no enraizamento em função das doses de ambos os nutrientes.

A CTC é definida como a soma das cargas nas partículas do solo, servindo para indicar, de forma geral, a fertilidade do substrato, visto que os principais cátions presentes

nos substratos são nutrientes importantes, notadamente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ . (KRATZ et al., 2013). Os substratos com maiores CTCs proporcionaram um aumento do enraizamento, matéria fresca e matéria seca de raízes de alporques de pequiheiro, com 77,5% de enraizamento em  $18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e 37,5% com  $12,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Figura 3.16A).





**Figura 3.16:** Relação entre a capacidade de troca catiônica (CTC) no substrato e: A – Porcentagem de enraizamento (ENR) e comprimento da maior raiz (CMR); B – Lignificação (Lig) e vigor de enraizamento (Vig); C – MFT (matéria fresca total); MFA (matéria fresca por alporque); MFE (matéria fresca por alporque enraizado); MST (matéria seca total); MSA (matéria seca por alporque); MSE (matéria seca por alporque enraizado). Brasília-DF, 2020-2021.

Uma elevada CTC indica maior disponibilidade de potássio, cálcio e magnésio às raízes das plantas, sendo uma característica importante na escolha de um bom substrato para a alporquia. A presença desses cátions citados pode favorecer o desenvolvimento de raízes adventícias (MAHLAMBI et al., 2019). Penningsfeld (1983) afirma que um substrato adequado deve possuir CTC superior a  $12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , porém Gonçalves e Poggiani (1996) indicam que seja superior a  $20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Pela análise da regressão, observa-se o efeito quadrático da CTC no comprimento da maior raiz (CMR), com valor máximo em cerca de  $16,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Figura 3.16A). O

CMR de 6,5 cm foi observado com uma CTC de aproximadamente  $15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , bem próximo ao ponto máximo observado na regressão, sendo que valores de CTC superiores a  $16,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  causaram redução no CMR. O resultado deste estudo é semelhante ao relatado por Chen et al. (2003), que relataram uma CTC superior a  $20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como limitante ao desenvolvimento do comprimento de raízes de *Epipremnum aureum*.

Neste estudo, os substratos avaliados apresentaram valores de CTC entre 12,6 e  $18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mas observando as Figuras 3.16A e 3.16C, nota-se que a porcentagem de enraizamento, a matéria fresca e seca de raiz apresentaram resposta linear crescente, com os maiores valores para essas características em  $18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , indicando que uma CTC ainda mais elevada poderia proporcionar melhores resultados na alporquia do pequiizeiro.

Em contraste, Da Silva et al. (2012) observaram que para a estaquia de *Hyptis suaveolens* L., os substratos com menores valores de CTC proporcionaram melhores taxas de sobrevivência das estacas. Esses autores também observaram melhor enraizamento em substratos contendo menores teores de água disponível.

Os menores valores de comprimento da raiz e matérias fresca e seca de raízes (Figura 3.16B e C) observados nos substratos com maiores proporções de fibra de coco podem ser explicados pela menor Capacidade de Troca de Cátions deste material. Sendo assim, a mistura com maiores proporções de fibra pode ter comprometido a capacidade do substrato de reter e disponibilizar cálcio, potássio e magnésio, nutrientes essenciais ao desenvolvimento radicular. Mahlambi et al. (2019) observaram que o uso de areia em mistura com outros substratos proporcionou uma redução expressiva na CTC, e por consequência, foi observada uma redução no desenvolvimento de raízes de estacas de goiabeira, demonstrando que misturas de substratos nem sempre são benéficas ao desenvolvimento de raízes.

Uma maior Capacidade de Troca de Cátions (CTC) promoveu aumento na matéria seca de parte aérea de estacas de *Luehea divaricat* (PACHECO e FRANCO, 2008). Estes autores afirmam que a CTC pode ser um parâmetro confiável na escolha de um substrato, visto que esta característica indica a quantidade de nutrientes (cátions) presentes. Resultado semelhante foi observado neste estudo para a porcentagem de enraizamento e a matéria fresca e seca de raiz, sendo a CTC do substrato importante tanto na fase inicial de desenvolvimento do propágulo (alporquia), quanto na fase final de formação de muda.

Foram observadas diversas correlações significativas entre as variáveis de alporquia (enraizamento, matéria fresca e seca de raiz) e as variáveis físicas e químicas dos substratos avaliados (Tabela 3.2). O enraizamento apresentou correlação significativa positiva e muito forte com as características de calejamento, lignificação, comprimento da maior raiz, vigor de enraizamento, matéria seca e fresca de raízes.

Contrário ao observado neste estudo, Chen et al. (2021) não relataram correlações significativas entre o calejamento e enraizamento de estacas de *Castanea henryi*, indicando que para essa espécie o calejamento não é um pré-requisito para o enraizamento.

Com relação às características do substrato, o enraizamento apresentou alta correlação significativa positiva e muito forte com a densidade real ( $r=0,98$ ), com o fósforo ( $r=0,94$ ), o cálcio ( $r=0,92$ ), o magnésio ( $r=0,94$ ) e a CTC ( $r=0,94$ ) e correlação negativa muito forte com a densidade aparente ( $r=-0,93$ ), a capacidade de campo ( $r=-0,98$ ), a água disponível ( $r=-0,98$ ) e com o índice de saturação por sódio ( $r=-0,91$ ).

Cunha et al. (2009) obtiveram correlações positivas e significativas entre o enraizamento de estacas de clones de eucalipto com a presença de nutrientes aplicados no substrato usado no experimento. Estes autores observaram uma correlação significativa positiva entre o enraizamento e a presença de fósforo, magnésio e potássio, mas para o cálcio a correlação foi negativa e significativa. No presente estudo, foram observadas correlações positivas entre o enraizamento e os teores de P, Ca e Mg.

Roehrdanz et al (2019) relataram uma correlação positiva entre a presença de fósforo e potássio no substrato e a matéria seca de raízes. Para o magnésio e a porosidade de substrato, as correlações foram negativas. Neste estudo, a porosidade total também apresentou correlação negativa com a matéria seca de raízes, mas para o magnésio a correlação foi muito forte, positiva e significativa.

Também foi observada uma forte correlação negativa e significativa entre a saturação por sódio com o comprimento da maior raiz e a matéria seca e fresca de raízes. A saturação por sódio também apresentou forte correlação negativa com os teores de P, Ca e Mg, e correlação positiva com os teores de K e Na. As correlações observadas reforçam os resultados da análise da regressão, pois os teores mais elevados de P, Ca, Mg e CTC no substrato proporcionaram melhores porcentagens de enraizamento, enquanto

que elevados teores de ISNa, água disponível e densidade aparente foram desfavoráveis (Tabela 3.2).

Embora não significativas, foram observadas correlações negativas entre o enraizamento e a presença de K e Na nos substratos. As menores porcentagens de enraizamento observadas na alporquia de pequiheiro em doses mais elevadas de K e Na podem ser devidas ao aumento da salinidade do substrato, fator que pode afetar o enraizamento dos alporques (Tabela 3.2). Roehrdanz, et al (2019) observaram uma correlação negativa entre a salinidade de substrato e a matéria seca de raízes em mudas de repolho. Fornes et al. (2017) relataram efeito fitotóxico de substratos com elevada salinidade, causada por excesso de sódio e potássio na composição química. Estes autores também observaram efeito negativo de elevados teores de carbono (matéria orgânica) no substrato, e argumentaram que isso pode ter ocorrido devido à presença de ácidos orgânicos ou compostos tóxicos orgânicos.

As escalas de lignificação e vigor se mostraram adequadas na predição da matéria seca e fresca de raízes, ambas com  $r > 0,8$ , podendo assim serem utilizadas de forma representativa na avaliação da matéria seca e fresca de alporques de pequiheiro de maneira não destrutiva.

Foi observada correlação negativa entre o pH do substrato e o enraizamento ( $r = -0,781$ ) e a matéria fresca e seca de raízes ( $r = -0,616$  e  $r = -0,632$ , respectivamente). Resultados similares foram obtidos por Kratz et al. (2013), que observaram correlação negativa entre o pH e a matéria seca de raiz de mudas de eucalipto ( $r = -0,54$ ). Estes autores também observaram uma correlação positiva e significativa entre a CTC e a matéria seca de raízes, semelhante ao ocorrido neste trabalho. Roehrdanz, et al (2019) também relataram uma correlação negativa entre o pH de substrato e o desenvolvimento de mudas de *Tagetes patula*, e argumentam que substratos com pH mais baixo podem causar stress no sistema radicular e também limitar a absorção de nutrientes pelas raízes.

Chen et al. (2021) observaram correlação negativa e significativa entre o pH do substrato e o enraizamento. Segundo estes autores, a redução no pH do substrato pode reduzir a movimentação de auxinas sintetizadas na área calejada, devido a menor ionização dessas moléculas em ambientes de pH reduzido. Outro fator que também pode explicar o maior enraizamento em substratos de baixo pH é a acidificação da célula, que pode promover produção de raízes adventícias (ALEXANDER et al., 2017).

Quanto à correlação com as características de alporquia de pequizeiro, nota-se uma correlação positiva muito forte e significativa entre CTC e a porcentagem de enraizamento ( $r = 0,94$ ) e a matéria fresca e seca de raiz ( $r = 0,91$  e  $r = 0,92$ , respectivamente) (Tabela 3.2). Essas correlações positivas e significativas indicam uma tendência de maior enraizamento em substratos com maiores valores de CTC.

A CTC apresentou correlação significativa ( $r > 0,8$ ) com os teores de Ca e Mg, demonstrando assim que maiores valores de CTC dependem de uma presença adequada desses nutrientes no substrato.

Belda, Lidón e Fornes (2016) observaram correlação entre a porosidade e a CTC. Neste estudo, as correlações entre porosidade total, macro e microporosidade não foram significativas. Da Silva, Simões e Silva (2012) relataram correlações não significativas entre a matéria seca de raízes de estacas de eucalipto e a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e capacidade de retenção de água dos substratos vermiculita, fibra de coco, casca de arroz carbonizada e suas misturas na proporção 1:1. Neste estudo, apenas a correlação entre a matéria seca de raízes e a água disponível foi significativa.

**Tabela 3.2:** Coeficientes de correlação linear de Pearson para características de alporquia e características físico-químicas dos substratos. Brasília-DF, 2021.

	SOB	CAL	ENR	LIG	CMR	VIG	MFT	MST	DEA	DER	MAC	MIC	POT	CAC	AGD	pH	P	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	ISNa
SOB	1	0,25	0,4732	0,5299	0,511	0,607	0,744	0,806*	-0,534	0,349	-0,352	0,263	-0,562	-0,525	-0,418	-0,133	0,715	0,592	0,604	-0,440	-0,285	0,561	0,560	-0,581
CAL		1	0,889*	0,8912*	0,927*	0,877*	0,774	0,671	-0,801*	0,841*	0,614	-0,678	-0,375	-0,795	-0,804*	-0,534	0,720	0,732	0,701	-0,478	-0,565	0,738	0,750	-0,739
ENR			1	0,9468*	0,886*	0,889*	0,937*	0,895*	-0,929*	0,980**	0,402	-0,498	-0,673	-0,982**	-0,978**	-0,781	0,935*	0,919*	0,940*	-0,666	-0,700	0,901*	0,944*	-0,908*
LIG				1	0,973**	0,980**	0,939*	0,872*	-0,796	0,899*	0,222	-0,316	-0,740	-0,930*	-0,914*	-0,570	0,924*	0,953**	0,909*	-0,793	-0,813	0,750	0,812*	-0,959**
CMR					1	0,990**	0,889*	0,802*	-0,749	0,808*	0,281	-0,362	-0,597	-0,835*	-0,812*	-0,413	0,841*	0,864*	0,797	-0,690	-0,715	0,691	0,730	-0,878*
VIG						1	0,928*	0,858*	-0,753	0,806*	0,173	-0,262	-0,675	-0,859*	-0,825*	-0,418	0,890*	0,904*	0,841**	-0,743	-0,743	0,704	0,750	-0,915*
MFT							1	0,986**	-0,884*	0,870*	0,133	-0,240	-0,755	-0,946*	-0,902*	-0,616	0,988**	0,942*	0,949*	-0,716	-0,682	0,869*	0,908*	-0,933*
MST								1	-0,880*	0,830*	0,060	-0,170	-0,763	-0,924*	-0,871*	-0,632	0,984**	0,912*	0,943*	-0,678	-0,619	0,881*	0,916*	-0,896*
DEA									1	-0,889*	-0,512	0,604	0,467	0,897*	0,877*	0,787	-0,864*	-0,759	-0,841*	0,390	0,4035	-0,995**	-0,985**	0,7341
DER										1	0,420	-0,512	-0,692	-0,977**	-0,993**	-0,868*	0,893*	0,901*	0,933*	-0,679	-0,733	0,863*	0,922*	-0,887*
MAC											1	-0,993**	0,359	-0,258	-0,315	-0,448	0,076	0,025	0,094	0,303	0,149	0,476	0,403	-0,012
MIC												1	-0,263	0,362	0,413	0,523	-0,186	-0,129	-0,202	-0,219	-0,073	-0,569	-0,503	0,114
POT													1	0,784	0,765	0,534	-0,830*	-0,899*	-0,868*	0,958**	0,904*	-0,465	-0,591	0,898*
CAC														1	0,992**	0,812*	-0,968**	-0,958**	-0,985*	0,747	0,760	-0,880*	-0,941*	0,945*
AGD															1	0,851*	-0,931*	-0,940*	-0,967*	0,740	0,775	-0,855*	-0,923*	0,926*
pH																1	-0,684	-0,656	-0,773	0,424	0,482	-0,797	-0,843*	0,6212
P																	1	0,968**	0,983**	-0,774	-0,739	0,855*	0,912*	-0,956**
Ca																		1	0,977**	-0,893*	-0,882*	0,735	0,823*	-0,998**
Mg																			1	-0,812*	-0,797	0,832*	0,907*	-0,964**
K																				1	0,979**	-0,360	-0,495	0,907*
Na																					1	-0,361	-0,498	0,898*
SB																						1	0,986**	-0,705
CTC																							1	-0,796
ISNa																								1

Legenda: SOB: Sobrevivência; CAL: Calejamento; ENR: Enraizamento; LIG: Escala de lignificação; CMR: Comprimento da maior raiz; VIG: Escala de vigor de enraizamento; MFT: Matéria fresca de raiz; MST: Matéria seca de raiz; MS/MF: Relação entre matéria seca e fresca; DEA: Densidade aparente de substrato; DER: Densidade real do substrato; MAC: Macroporosidade; MIC: Microporosidade; POT: Porosidade total; CAC: Capacidade de campo; AGD: Água disponível; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; ISNa: Índice de saturação por sódio. \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1% de probabilidade.

Neste estudo foi observada uma forte correlação negativa entre a macroporosidade e a microporosidade, sendo que a presença de partículas menores no substrato proporciona uma maior microporosidade e conseqüentemente diminui a macroporosidade (WENDLING, GUASTALA e DEDECEK, 2007; KRATZ et al., 2013). Dessa forma, o uso de substratos com maior microporosidade pode reduzir a necessidade de reposição de água em alporques ao longo do período de manutenção no campo. A porosidade total não apresentou correlação significativa com a microporosidade. Wendling, Guastala e Dedecek (2007) também não observaram correlação significativa entre essas duas variáveis.

Segundo Gonçalves et al. (2000), um substrato com maior microporosidade requer maior rigor no controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento, devido a sua maior capacidade de retenção de água. Neste estudo a porosidade total apresentou correlação com a água disponível. Resultado semelhante foi observado por Wendling, Guastala e Dedecek (2007) que observaram uma correlação entre a água disponível e a porosidade total. Wisdom, Nyembezi e Agathar (2017) observaram uma correlação negativa entre a microporosidade e o enraizamento de rabanetes.

Kratz et al. (2013), observaram uma correlação negativa entre a porosidade total do substrato com a matéria seca de raízes. Estes autores ainda observaram uma correlação negativa entre macroporosidade e matéria seca de raízes. Segundo Parrota (2005) substratos com maior aeração podem promover um melhor desenvolvimento de raízes em volume e também comprimento, logo correlações positivas entre essas variáveis são desejáveis. No presente trabalho de alporquia do pequiheiro, as correlações entre o enraizamento e a porosidade não foram significativas.

Pacheco e Franco (2008) argumentam que substratos de maior densidade, porosidade e disponibilidade de água podem promover um maior comprimento de raízes de estacas de *Luehea divaricata*. Neste estudo, apenas a densidade real se correlacionou positivamente com o comprimento de maior raiz.

Para alporquia de pequiheiro, o menor teor de água disponível no substrato Bioplant 100% pode ser explicado pela porosidade do substrato (34%) (Correlação entre a água disponível e a porosidade  $r=0,7653$ ). O teor de água disponível correlacionou negativamente ( $r<-0,80$ ) com todas as variáveis de alporquia avaliadas.

Fortes correlações negativas e significativas foram observadas entre a densidade aparente do substrato e a porcentagem de enraizamento, a matéria fresca e seca de raiz ( $r = -0,9299$ ;  $r = -0,8847$ ;  $r = -0,8802$ , respectivamente) (Tabela 3.2). Por outro lado, a densidade real correlacionou positivamente com essas variáveis ( $r = 0,9804$ ;  $r = 0,8707$ ;  $r = 0,8302$ , respectivamente). Dessa forma, o aumento na densidade proporciona a redução na porosidade total, microporosidade e disponibilidade de água (COSTA et al., 2017). Chen et al. (2021) relataram, estudando a estaquia de *Castanea henryi*, correlações positivas entre a porosidade total e a porcentagem de calejamento, microporosidade, porcentagem de enraizamento, número e comprimento de raízes.

Costa et al. (2021) observaram correlações positivas e significativa entre o comprimento de raiz e a matéria fresca de raízes ( $r = 0,61$ ). Aboksari, Hashemabadi e Kaviani (2017) relataram correlações positivas e significativas entre matéria seca de estacas de *Pelargonium peltatum* e os teores de fósforo ( $r = 0,76$ ), potássio ( $r = 0,88$ ) e magnésio ( $r = 0,56$ ). Quanto às características físicas do substrato, estes autores relataram correlações negativas entre a densidade aparente ( $r = 0,62$ ) e a densidade real ( $r = 0,55$ ), mas para porosidade, as correlações foram positivas e significativas ( $r = 0,62$ ). Também foram relatadas correlações negativas entre a densidade aparente e os teores de fósforo, potássio e magnésio.

### 3.4. CONCLUSÕES

O sucesso na alporquia de pequiheiro é maior com a utilização de substrato com as seguintes características físicas: densidade aparente inferior a  $0,278 \text{ g cm}^{-3}$ , macroporosidade entre 35 e 50% e microporosidade entre 30 e 35%

Maior enraizamento de alporques de pequiheiro é obtido com a utilização de substrato com as seguintes características químicas:  $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{P} > 3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca} > 7,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg} > 3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Na} < 1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $\text{ISNa} < 6\%$ .

O enraizamento dos alporques tem correlação positiva e significativa com a densidade real, os teores de P, Ca e Mg, a CTC e a soma de bases; e correlação negativa com a densidade aparente, a água disponível, o teor e o índice de saturação por sódio.

### 3.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD M. F. F., et al. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. **HortScience** v. 40, p. 2138-2144, 2005.

ABEL et al. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. **Geoderma**, v. 202, p. 183-191, 2013

ABOKSARI, H. A.; HASHEMABADI, D.; KAVIANI, B. Application of bio-fertilizer for *Pelargonium peltatum* growth in new organic substrates. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 2, p. 137-149, 2018.

ALEXANDER H. et al. A specific role of iron in promoting meristematic cell division during adventitious root formation. **J Exp Bot** v. 68, p. 4233–4247, 2017.

ARAÚJO, E. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **Cerne**, v. 25, p. 314-325, 2019.

BAKHT, B. et al. Interactive effect of calcium and magnesium on growth of *Schefflera arboricola* cuttings. **Pure and Applied Biology**, v. 4, n. 4, p. 568-574, 2015.

BARBOSA, J. et al. PROPAGATION OF KHAYA ANTHOTHECA: INTERSPECIFIC GRAFTING WITH SWIETENIA MACROPHYLLA AND AIR LAYERING. **CERNE**. 2016, v. 22, n. 4, p. 475-484.

BASTOS, D. C. et al. Diferentes substratos na produção de porta-enxertos de caramboleira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 312-316, 2007.

BELDA, R. M.; LIDÓN, A.; FORNES, F.. Biochars and hydrochars as substrate constituents for soilless growth of myrtle and mastic. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 132-142, 2016.

BERILLI, S. S. et al. Effect of substrate treated with tannery sludge on growth and anatomy of conilon coffee cuttings. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-10, 2018.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CARLOS, L. et al. CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE PEQUI SOB EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES<sup>1</sup>. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 13-21, 2014.

CARMONA E.; ABAD M. **Aplicación del compost en viveros y semilleros**. In: Moreno J, Moral R (eds) *Compostaje*. Ed Mundi-Prensa, Madrid, p 397–424, 2008.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPEL, 2004. 142p.

CASTRO, L. A. S.; SILVEIRA, C. A. P. Propagação vegetativa do pessegueiro por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 368-370, 2003.

CHEN, J. et al. Rooting foliage plant cuttings in compost-formulated substrates. **HortTechnology**, v. 13, n. 1, p. 110-114, 2003.

CHEN, W. et al. Factors involved in the success of *Castanea henryi* stem cuttings in different cutting mediums and cutting selection periods. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 4, p. 1627-1639, 2021.

COSTA, J. C. F. et al. Caracterização física de substratos orgânicos para o enraizamento de estacas de goiabeira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.2, p.16-23, 2017

COSTA, R. M. et al. Quality of pre-sprouted sugarcane seedlings grown on substrates with decomposed babassu palm stem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, 2021.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p. 271-276, sep. 2013.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, p. 607-615, 2009.

DA SILVA, M. S. C. et al. Substrates and indolebutyric acid (IBA) concentrations in air-layering rooting of Tamarind tree. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2926-2932, 2017.

DA SILVA, R. C. P. et al. Efeito da composição de substratos no enraizamento de estacas de *Hyptis suaveolens* (L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 219-225, 2012.

DA SILVA, Richardson BG; SIMÕES, Danilo; SILVA, Magali R. da. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012.

DANELUZ, S. et al. Propagação da figueira 'Roxo de Valinhos' por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 285-290, 2009.

DANNER, M. A. et al. Enraizamento de jaboticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DE SOUSA DINIZ, Marlon Breno Vieira et al. Crescimento de porta-enxertos de goiabeira influenciado por doses de biofertilizante, tipo e volume de substrato. **Científica**, v. 43, n. 2, p. 165-178, 2015.

DOMBROSKI, J. L. D. et al. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **CERNE**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000200003>>. Acesso em: 02 de Junho de 2020.

DUTRA, T. R. et al. Ácido indolbutírico e substratos na alporquia de umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 424-429, 2012.

FORNES SEBASTIÁ, Fernando; MENDOZA-HERNANDEZ, D.; BELDA NAVARRO, Rosa María. Compost versus vermicompost as substrate constituents for rooting shrub cuttings. **Spanish journal of agricultural research**, v. 11, n. 2, p. 518-528, 2013.

FORNES, Fernando et al. Assessment of biochar and hydrochar as minor to major constituents of growing media for containerized tomato production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 11, p. 3675-3684, 2017.

FORNES, Fernando; BELDA, Rosa Maria. Use of raw and acidified biochars as constituents of growth media for forest seedling production. **New Forests**, v. 50, n. 6, p. 1063-1086, 2019.

GIEL, P.; BOJARCZUK, K. Effects of high concentrations of calcium salts in the substrate and its pH on the growth of selected *rhododendron* cultivars. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 80, n. 2, 2011.

GONÇALVES, JL de M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. **Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF**, p. 309-350, 2000.

GONÇALVES, L. M; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindoia, 1996. Resumos... Piracicaba, Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

GUIMARÃES, R. N. et al. Vegetative propagation of pequi (souari nut) by cutting. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, 2019.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 559p.

ICHIKAWA, E.; FERNANDES, A. M.; MOTA, L. H. S. O. Enraizamento de mudas de batata-doce submetidas a nutrição suplementar com cálcio e fósforo no substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 11, p. 860-868, 2019.

KHANDAN-MIRKOHI, A.; SCHENK, M.; FERESHIAN, M. Study on phosphorus supply management of poinsettia grown in peat-based substrate. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 179-188, 2015.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, p. 1103-1113, 2013.

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. Desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 1, n. 1, p. 107-117, 2008.

LINS, L. C. R. et al. THE LYCHEE TREE PROPAGATION BY LAYERING. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 480-487, 2015.

MAHLAMBI, N. et al. Effects of Propagation Media and Branch Orientation on Rooting of Guava (*Psidium guajava* L.) Shoots Propagated by Air Layering in a Sub-tropical Environment. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-9, 2019.

MARÇALLO, F. A.; ALMEIDA, R. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação da espirradeira por meio da técnica da alporquia em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1-2, 2001.

MARTINS, W. A. et al. Estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 58-64, 2015.

MAURYA, R. P. et al. A. Studies on the Propagation of Jamaican Ackee (*Blighia sapida* L.) by Air-layering. **HortScience**, v. 48, n. 10, p. 1298-1300, 2013.

MENDONÇA, V. et al. Substratos no enraizamento de estacas de amoreira, *Morus alba* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 5, 2010.

MENDOZA-HERNÁNDEZ, D.; FORNES, F.; BELDA, R. M. Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 192–202, 2014.

MIRANDA, R. F. et al. Crescimento do pequizeiro em resposta a irrigação e adubação. **Revista Cultura Agronômica**, v. 25, n. 4, p. 351-360, 2016.

NASORY, D. C.; CUNHA, M. F. Quebra da dormência e emergência de plântulas de sementes de pequi, *Caryocar brasiliense*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 46, 2012.

OSTERC, G. et al. The effect of the mineral nutrition and pH of the rooting substrate on rooting and mineral content of cherry rootstock greencuttings. **PHYTON-HORN-**, v. 40, n. 4, p. 153-156, 2000.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1900-1906, 2008.

Parrotta JA. *Psidium guajava*[monograph]. III-4 in **Enzyklopädie der Holzgewächse** [Encyclopedia of Woody Plants]. Eco med Verlag, Germany; 2005.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den Gartenbau, besonders in Deutschland:— Ein kritischer Überblick. **Plant and Soil**, v. 75, n. 3, p. 269-281, 1983.

PIMENTEL, N.; BISOGNIN, D.A.; KIELSE, P.; LENCINA, K.H.; MELLO, U.S. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 996-1002, 2016

PIO, R. et al. Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de figueira oriundas da desbrota. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n. 3, p. 604-609, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RIBEIRO, J. F. et al. Propagação de fruteiras nativas do cerrado. **Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de cerrados**. Planaltina: EMBRAPACPAC, p. 55-80, 1996.

RICHARDS, L. Physical condition of water in soil. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**, v. 9, p. 128-152, 1965.

RIVIERE, L.M. Importance des caractéristiques physiques dans le choix des substrats pour les cultures hors sol. **Revue Horticole**, v.209, p.23-27, 1980.

ROEHRDANZ, M. et al. Co-composted hydrochar substrates as growing media for horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 96-103, 2019.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N.. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, p. 937-944, 2002.

SOARES, F. S. et al. Estaquia e anatomia caulinar de mangabeira. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 1, p. 82-89, 2019.

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 28, n. 2, p. 276-279, 2006.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TATAGIBA, S. D. et al. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 17, n. 3, 2009.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.

VIEIRA, R.F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320p.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, p. 209-220, 2007.

WISDOM, B.; NYEMBEZI, M.; AGATHAR, K. Effect of different vermiculite and pine bark media substrates mixtures on physical properties and spiral rooting of radish (*Raphanus sativus* L.) in float tray system. **Rhizosphere**, v. 3, p. 67-74, 2017.

ZANOTTI, R. F. et al. Propagação de *Schlumbergera truncata* (Haw): alternativas ao uso do xaxim. **REVISTA AGRO@ MBIENTE ON-LINE**, v. 9, n. 3, p. 337-341, 2015.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v.73, n.3, p.300-311, 2014.

---

## **EFEITO DE GENÓTIPOS**

## RESUMO

A produção de mudas de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.) pela via sexuada é dificultada pela dormência e baixa germinação das sementes. A propagação vegetativa por alporquia pode permitir a clonagem sem depender da produção de sementes. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de genótipos na sobrevivência, calejamento, enraizamento, velocidade de calejamento e velocidade de enraizamento de alporques de pequiheiro, na região do Distrito Federal. O experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, Distrito Federal, em delineamento de blocos casualizados, com 10 matrizes (genótipos) e quatro repetições de 10 alporques cada. O processo de alporquia foi realizado em caules sadios, com diâmetro entre 20 e 30mm. Mensalmente, durante cinco meses, foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, e ao fim do experimento foi calculada a velocidade de calejamento e enraizamento dos alporques. As porcentagens de sobrevivência variaram entre 40 e 92% e de enraizamento entre 15 e 67,5%. Não foram observadas diferenças significativas para a porcentagem de calejamento que ficou acima de 80%. Dentre os genótipos avaliados destacam-se as matrizes 3, 5, 6 e 7 por apresentarem as maiores porcentagens de sobrevivência, calejamento, enraizamento e a maior velocidade de enraizamento. A propagação do pequiheiro por alporquia mostrou-se uma alternativa promissora para a clonagem de alguns genótipos da espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Caryocar brasiliense*, clonagem, matrizes, velocidade de calejamento e enraizamento, produção de mudas.

## ABSTRACT

The production of *Caryocar brasiliense* Cambess. seedlings by seed means are difficult because its seeds are recalcitrant, and the pulp of the fruit also has substances that can hinder the germination. Thus, the propagation of the species by vegetative means, notably air layering, can provide good results as it does not depend on seed germination. Since studies reported the possibility of vegetative propagation of *Caryocar brasiliense*, this study aimed to evaluate the effect of genotypes on the survival, callus formation, rooting, callusing speed and rooting speed of air layers in the Distrito Federal region. For this, an experiment in a randomized block design, with 10 treatments and four replications of 10 air layers each, was installed in parental plants located in Embrapa Cerrados, Distrito Federal. The process was carried out on healthy stems, with a diameter between 20 and 30mm. Monthly, during five months, the survival, callus formation and rooting percentage were evaluated, and at the end of the experiment, the callousing and rooting speed of the air layers was calculated. Survival percentages ranged between 40 and 92%, and rooting ranged between 15 and 67.5%. No significant differences were observed for the percentage of callus formation. All air layers had callused above 80%. Among the genotypes evaluated, 3, 5, 6 and 7 stand out for presenting the highest percentages of survival, callus formation, rooting and the lowest rooting speed. The vegetative propagation of *Caryocar brasiliense* by air layering, in some genotypes, is a viable alternative to the seedling production.

**KEY-WORDS:** *Caryocar brasiliense* Cambess, matrices, callousing speed, rooting speed, seedling production.

## 4.1.INTRODUÇÃO

A produção de mudas de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) pela via sexuada é dificultada pela dormência e baixa germinação das sementes (REIS, 2011). A propagação vegetativa dessa espécie pode proporcionar bons resultados, na medida em que as mudas obtidas mantêm as características genéticas da planta matriz, e também apresentam precocidade, por “pular” o período de juvenilidade e também uniformidade de desenvolvimento e produção.

Dentre as formas de propagação vegetativa, as mais comuns são a estaquia, enxertia e a alporquia. Guimarães et al. (2019), avaliando a propagação do pequi por estaquia obtiveram 60% de sobrevivência e 22% de enraizamento. A propagação via enxertia por borbúlia de placa tem sido usada com sucesso na produção de mudas clonais de pequi (PEREIRA et al., 2002), entretanto nesse método há a necessidade de porta-enxertos (cavalos), que são obtidos de sementes e apresentam variabilidade genética. Por alporquia, Leite et al. (2007), obtiveram 80% de sobrevivência e 15% de enraizamento de alporques, demonstrando a possibilidade de propagação vegetativa da espécie.

A alporquia pode ser mais eficiente que a da estaquia na obtenção de mudas, pois induz a formação de raízes adventícias em partes de caule ainda ligadas à planta mãe, sendo esse processo facilitado pelo abastecimento constante de água, nutrientes e reguladores de crescimento advindos da planta matriz (CASTRO e SILVEIRA, 2003). Além disso, a alporquia independe da disponibilidade de infraestrutura específica (casa de nebulização, casa de vegetação etc.) e gera mudas com pré-adaptação ambiental, vez que os alporques em contato com o ambiente de campo produzem mudas mais rústicas.

Os fatores genéticos (genótipos) podem influenciar o sucesso da alporquia em diversas espécies arbóreas, dentre elas a oliveira (REHMAN et al., 2013; ALFZAL et al., 2017; ZAMAN et al., 2017) e a lichieira (SATISH et al., 2014; KHAN et al., 2016). Alfzal et al. (2017) observaram diferenças significativas nas características de velocidade de calejamento, enraizamento, número de raízes e comprimento de raízes, avaliando diferentes cultivares de oliveira do Paquistão. Zaman et al. (2017) e Rehman et al. (2013) avaliaram algumas das cultivares estudadas por Alfzal et al. (2017) e observaram resultados semelhantes.

Khan et al. (2016) observaram diferenças significativas na alporquia de lichieira nas características de enraizamento, número e comprimento de raízes entre duas cultivares distintas. A cultivar “Surriya” apresentou 80% de enraizamento, enquanto a cultivar “Golla” apresentou cerca de 65%. Para o número e comprimento de raiz, os autores relataram 9,5 e 3,35 cm (“Surriya”) e 7,92 e 2,91 cm (“Golla”), respectivamente.

Considerando a possibilidade de propagação vegetativa do pequizeiro e também a influência de genótipos na alporquia em outras espécies, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de 10 genótipos (matrizes) na sobrevivência, calejamento, enraizamento, velocidade de calejamento e velocidade de enraizamento de alporques de pequizeiro, na região do Distrito Federal.

## **4.2.MATERIAL E MÉTODOS**

O ensaio foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 10 genótipos (matrizes) e quatro repetições. As repetições foram feitas dividindo-se a copa das matrizes em quatro quadrantes, sendo que cada repetição foi posicionada em uma direção (Repetição 1 – Sudoeste. Repetição 2 – Noroeste; Repetição 3 – Nordeste; Repetição 4 – Sudeste). Utilizaram-se caules lignificados com diâmetro entre 20 e 30 mm. Os alporques foram montados entre os dias 23/04/2021 e 26/04/2021. O substrato utilizado na alporquia foi o Bioplant®.

Foram utilizadas 10 matrizes adultas de pequizeiro, localizadas na Embrapa Cerrados, Distrito Federal (15°35'33.7"S e 47°44'00.5"W). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, com precipitação anual média de 1.500 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014). As matrizes foram selecionadas com base em características fenotípicas, sendo escolhidas as matrizes com fenótipos mais distintas entre si. Em cada planta foram realizados 40 alporques, sendo 10 por repetição.

Os caules utilizados na alporquia foram previamente anelados com auxílio de um alicate adaptado para alporquia com 3 cm de largura, facilitando a remoção do floema. Os alporques foram realizados na parte inferior das matrizes. Após o anelamento, o substrato Bioplant® foi afixado, com auxílio de fita adesiva transparente, envolvendo toda a região anelada do caule com o objetivo de evitar a dessecação. Os alporques foram

então marcados e etiquetados de acordo com a parcela. Nas matrizes, quando necessário, foi realizado o desbaste de frutos, ou remoção das flores com o objetivo de minimizar os drenos de fotoassimilados nos caules anelados.

Foram realizadas avaliações da sobrevivência dos alporques na planta e da velocidade de calejamento e enraizamento. Para isso, mensalmente, os alporques foram abertos para verificar o calejamento e a emissão de raízes. Foram considerados enraizados os alporques que emitiram pelo menos uma raiz com comprimento maior que 1 cm. Devido à época de instalação dos alporques (período de inverno na região Centro-Oeste), foi realizada a reposição de água nos alporques por meio da aplicação de 20 mL de água, com auxílio de uma seringa plástica, no segundo e quarto mês após a instalação do experimento.

Os índices de velocidade de calejamento e enraizamento foram calculados adaptando-se a metodologia de velocidade de enraizamento (MAGUIRE, 1962). As taxas de calejamento e enraizamento foram calculadas a partir de uma média ponderada entre o número de alporques calejados ou enraizados em cada mês de avaliação e o número de dias que o alporque precisou para calejar ou enraizar. A fórmula utilizada no cálculo foi:

$$\left( \frac{x_1 * 15 + x_2 * 30 + x_3 * 60 + x_4 * 90 + x_5 * 120 + x_6 * 150}{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6)} \right) = VE \text{ ou } VC$$

Onde x é o número de alporques calejados ou enraizados em cada avaliação.

Os resultados das avaliações (3º e 5º mês de avaliação) foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da Normalidade e ao Teste de Levene para verificação da homogeneidade de variâncias. Quando não verificados estes preceitos estatísticos foi realizada a transformação dos dados por meio da fórmula  $\sqrt{x+1}$ . O software R (R STATISTICAL SOFTWARE, 2009) foi utilizado nas análises de variância e, em caso de efeito significativo, foram realizados os testes de agrupamento de médias (Teste Scott-Knott).

### **4.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram observados efeitos altamente significativos , no teste F à 1% de probabilidade, entre dos genótipos de pequiizeiro em todas as características, com exceção do calejamento (Cal) no 5° mês de avaliação (Tabela 4.1). Nota-se que para todas as variáveis o CV foi inferior a 30%, com exceção da variável enraizamento (Enr) no 3° mês de avaliação (CV=43,40%).

Observa-se a elevada taxa de sobrevivência (88,7%) e calejamento (84,5%) dos alporques três meses após a instalação do experimento (Tabela 4.1). Ambas as taxas de sobrevivência e calejamento são superiores às relatadas por Leite et al. (2007), que obtiveram 62,5% de sobrevivência e 79% de calejamento em alporques de pequiizeiro também com três meses de avaliação. Ressalta-se que esses autores utilizaram AIB na alporquia de pequiizeiro, enquanto neste estudo a alporquia foi realizada sem o uso de regulador de crescimento. Quanto ao enraizamento, Leite et al. (2007) observaram em média 8,33% de enraizamento, sendo esse resultado inferior ao observado neste estudo, com enraizamento médio de 20,25% aos três meses e 40,5% aos cinco meses, mas em alguns genótipos o enraizamento chegou a 67%.

**Tabela 4.1:** Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), velocidade de calejamento (VC) e a velocidade de enraizamento (VE), três e cinco meses após a instalação, na comparação de diferentes genótipos utilizados na alporquia de Pequiizeiro. Brasília-DF, 2021.

	GL	Sob	Cal	Enr <sup>1</sup>	Sob	Cal	Enr	VC	VE
		3 meses			5 meses			5 meses	
Genótipo	9	312,50**	610,00**	680,28**	940,00**	28,89 <sup>ns</sup>	1354,44**	477,03**	2097,10**
Bloco	3	9,17 <sup>ns</sup>	83,33 <sup>ns</sup>	935,83 <sup>ns</sup>	16,67 <sup>ns</sup>	33,33 <sup>ns</sup>	336,67 <sup>ns</sup>	35,08 <sup>ns</sup>	1728,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	111,02	75,93	243,24	259,26	100,00	140,37	76,48	371,04
Média		88,7	84,5	20,25	73,5	88,0	40,5	35,19	108,55
CV (%)		11,87	10,31	43,40	21,91	11,36	29,20	24,85	17,74

\*\*significativo no teste F a 1% de probabilidade, <sup>ns</sup>não significativo no teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$ .

A planta matriz utilizada na alporquia influenciou a sobrevivência dos alporques aos três e cinco meses após a instalação do experimento (Tabela 4.2). As matrizes 2, 3, 6, 8 e 9 se destacaram com maiores índices de sobrevivência (> 90%) três meses após a instalação, sendo essas matrizes agrupadas como superiores pelo teste de Scott-Knott. Aos cinco meses, observa-se uma redução expressiva na sobrevivência de alporques em algumas matrizes, notadamente nas matrizes 1 (redução de 85 para 40%) e 3 (redução de 100% para 67,5% de sobrevivência). Essa redução na sobrevivência entre o 3° e 5° mês de avaliação pode ter sido causada pelo período seco do ano (notadamente entre os meses de julho e agosto, período de inverno no Cerrado).

Diferenças significativas na sobrevivência de alporques em diferentes matrizes são relatadas em lichieira (KHAN et al. 2016), oliveira (REHMAN et al., 2013; AHMAD et al., 2014), ameixeira (MOZUMDER et al., 2017), cajueiro (ALIYU, 2007) e urucum (MANTOVANI et al., 2010).

**Tabela 4.2:** Efeito de genótipos (matrizes) na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr), velocidade de calejamento (VC) e velocidade de enraizamento (VE) aos três e cinco meses de avaliação. Brasília – DF, 2020-2021.

Genótipos	Sob	Cal	Enr	Sob	Cal	Enr	VC	VE
	3 meses			5 meses			5 meses	
1	85,0b	90,0a	32,5a	40,0b	90,0a	45,0b	28a	89a
2	95,0a	97,5a	12,5b	75,0a	97,5a	22,5c	25a	118b
3	100,0a	97,5a	30,5a	67,5a	97,5a	50,0b	23a	107a
4	85,0b	70,0b	17,5b	67,5a	85,0a	30,0c	30a	80a
5	80,0b	87,5a	42,5a	77,5a	87,5a	50,0b	28a	82a
6	97,5a	65,0b	15,0b	80,0a	95,0a	67,5a	45b	125b
7	80,0b	80,0b	7,5b	67,5a	87,5a	67,5a	53b	133b
8	92,5a	90,0a	0,0b	92,5a	90,0a	15,0c	34a	150b
9	97,5a	92,5a	20,0b	92,5a	92,5a	25,0c	35a	103a
10	75,0b	70,0b	20,0b	72,5a	87,5a	32,5c	52b	97a
Média	88,7	84,5	20,25	73,5	88,0	40,5	35	108
CV (%)	11,9	10,3	43,4	21,9	11,4	29,2	24,85	17,74

Médias seguida da mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para calejamento (Cal), diferenças entre os genótipos foram observadas no 3º mês de avaliação da alporquia (Tabela 4.2), mas não foram significativas no 5º mês de avaliação, provavelmente devido a elevada taxa de calejamento de todos os 10 genótipos avaliados (todos acima de 85%).

Zaman et al. (2017) não observaram diferenças significativas no calejamento de diversos genótipos de oliveira, como ocorreu na quinta avaliação neste estudo. Estes autores argumentam que não foram observadas diferenças significativas devido a adaptação dos genótipos avaliados às condições climáticas da região do estudo.

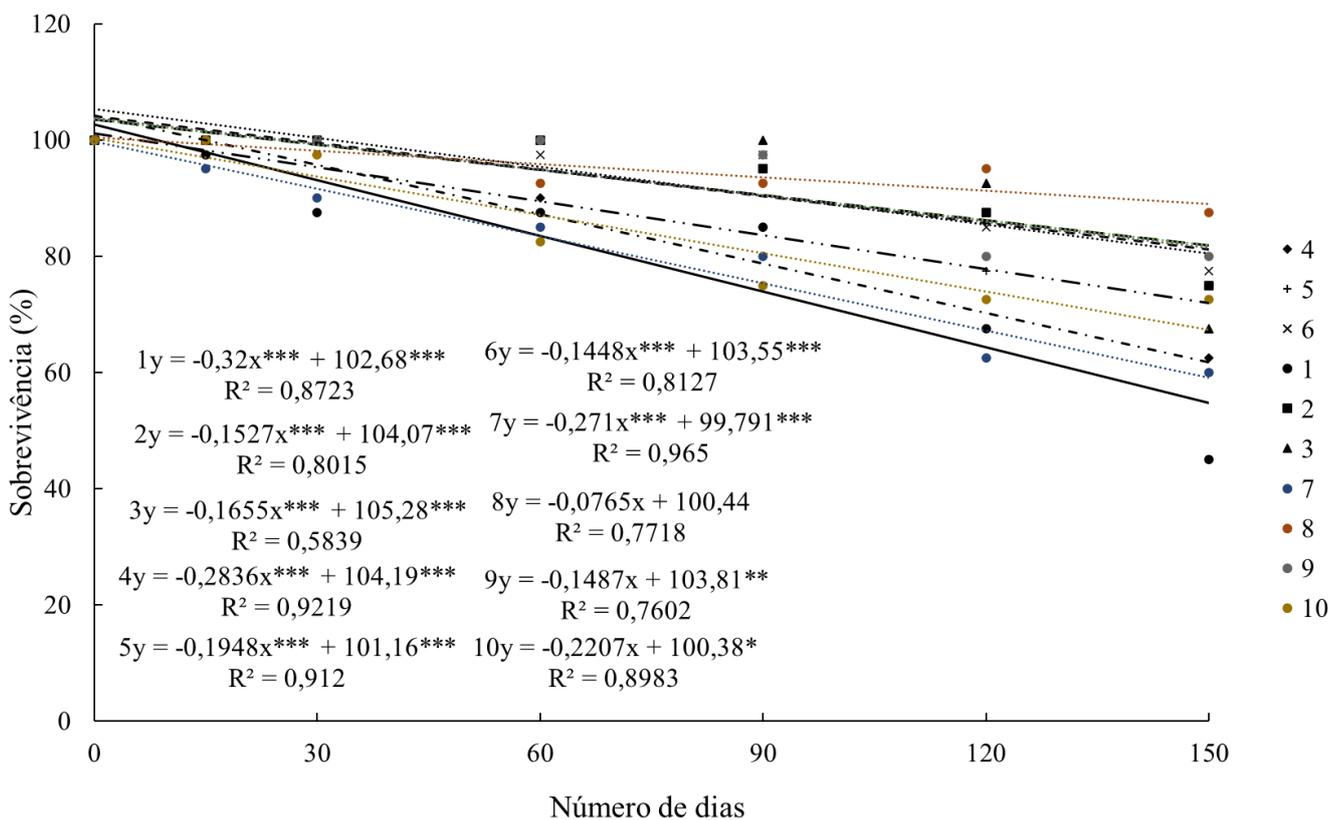
Foi observada uma grande amplitude no enraizamento de alporques de acordo com o genótipo de pequizeiro utilizado. A matriz 8 apresentou a menor porcentagem de enraizamento (15%), enquanto as matrizes 6 e 7 apresentaram a maior porcentagem (67,5%) (Tabela 4.2). Mantovani et al. (2010) também relataram grandes amplitudes no enraizamento de genótipos de *Bixa orellana* L. (urucum), entre 20 e 100%, com uso de AIB na alporquia.

Diferenças significativas foram observadas na velocidade de calejamento (Tabela 4.2). Os genótipos 6, 7 e 10 apresentaram maior tempo para emissão de calos (45, 53 e 52 dias respectivamente), enquanto os outros genótipos tiveram tempos de calejamento inferiores a 35 dias.

Com relação a velocidade de enraizamento, nota-se que em média os alporques precisaram de 108 dias para enraizar (Tabela 4.2), mas foram formados dois grupos distintos pelo teste de agrupamento de médias, sendo as matrizes 1, 3, 4, 5, 9 e 10 aquelas que tiveram enraizamento mais rápido, variando entre 80 e 103 dias. Mantovani et al. (2010) não observaram, em urucum, diferenças na velocidade de enraizamento entre 10 genótipos avaliados, sendo que em média, foram necessários 40 dias para emissão satisfatória de raízes nos alporques. Mozumder et al. (2017) relataram diferenças significativas no número de dias para o enraizamento entre duas variedades de ameixeira, com a variedade “PD” levando 33,5 dias para enraizar, enquanto a “BARI” levou 37 dias. Carmona et al. (2012) observaram que foram necessários 195 dias para que os alporques de *Rhizophora mangle* iniciassem o processo de emissão de raízes, demonstrando que diferentes espécies podem apresentar um enraizamento mais rápido ou lento.

Khan et al. (2016) observaram uma maior velocidade de enraizamento de alporques de lichieira na cultivar “Surriya” quando comparada à cultivar “Golla”. De forma semelhante, Zaman et al. (2017) relataram diferenças significativas na velocidade de enraizamento de cultivares de oliveira, sendo que a cultivar “Leccino” iniciou a emissão de raízes aos 55 dias, enquanto a cultivar “Coratina” foi mais tardia, com enraizamento após 68 dias.

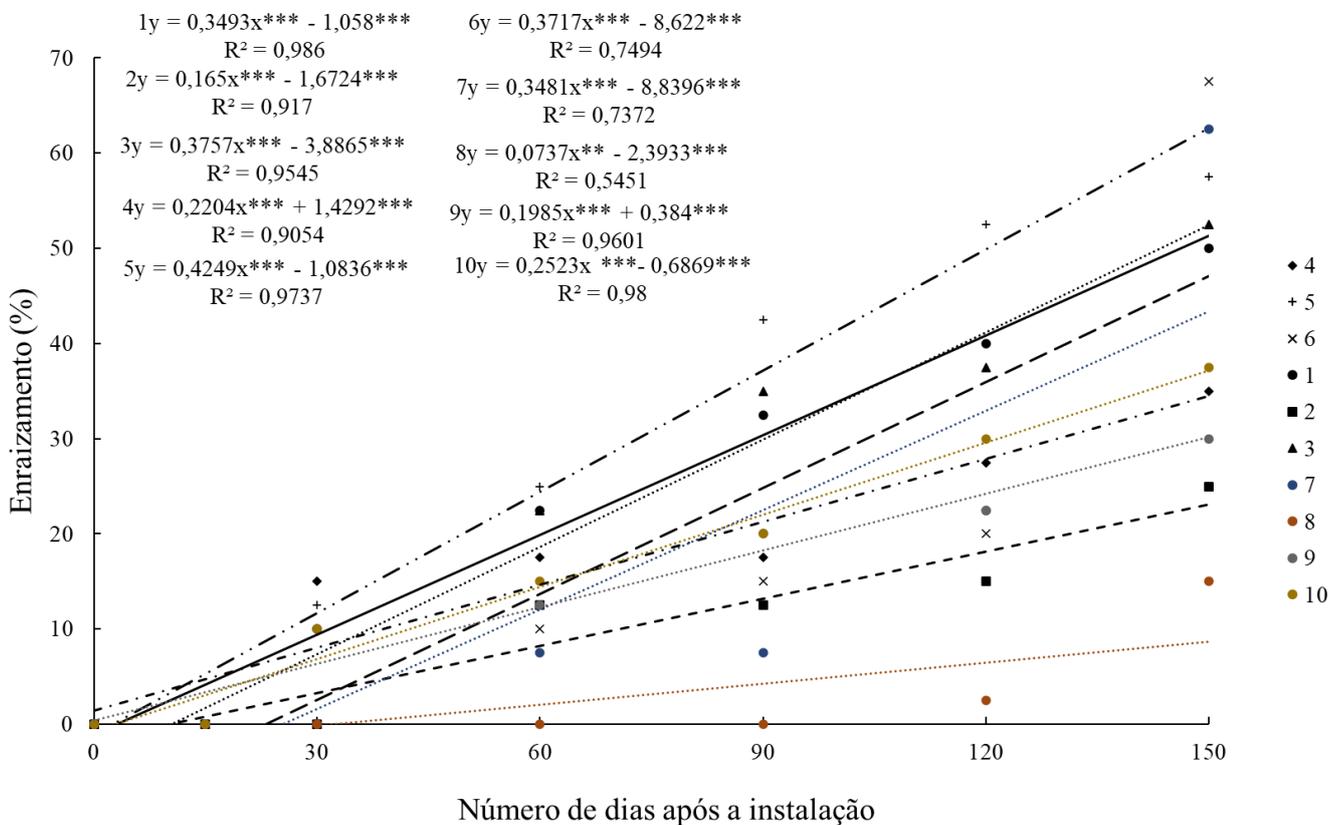
Pela análise da regressão foi observada uma redução na sobrevivência dos alporques em todos os genótipos avaliados (Figura 4.2) nas avaliações mensais. Essa redução na sobrevivência dos alporques pode ter ocorrido devido ao período seco (inverno) na região do Distrito Federal, caracterizada por pouca chuva e baixa umidade relativa do ar (Figura 4.1).



**Figura 4. 1:** Relação entre o número de dias necessários para o calejamento de alporques em 10 genótipos de pequiizeiro. Brasília DF, 2021. Legenda: números 1-10 se referem aos genótipos avaliados.

O enraizamento de alporques aumentou linearmente ao longo das avaliações mensais (Figura 4.3), sendo que o genótipo 6 se destacou com mais de 65% de enraizamento dos alporques na avaliação aos 150 dias. Por outro lado, o genótipo 8 apresentou menos de 20% de enraizamento no mesmo período. Mapongmetsem e Diksia (2014) também observaram, por meio da análise da regressão, diferenças significativas no enraizamento de diversas variedades de *Syzygium guineense* ao longo do período de avaliação.

As diferenças observadas no enraizamento dos genótipos avaliados podem estar relacionadas à característica caducifólia ou semicaducifólia dos genótipos de pequizeiro, sendo que alguns perderam suas folhas e/ou iniciaram a brotação das folhas de forma mais precoce ou tardia (dados não apresentados). Dessa forma, os genótipos que iniciaram a brotação mais cedo podem ter apresentado maiores porcentagens de enraizamento devido a produção de fotoassimilados nessas folhas novas. Alfzal et al. (2017) observaram maior velocidade de enraizamento em alporques de oliveira que rebrotaram primeiro após o período de inverno na região avaliada.



**Figura 4.2:** Relação entre o número de dias necessários para o enraizamento de alporques em 10 genótipos de pequizeiro. Brasília DF, 2021. Legenda: números 1-10 se referem aos genótipos avaliados.

Aliyu (2007) observou diferença significativa no enraizamento e na velocidade de enraizamento de diferentes genótipos de cajueiro, sendo que o número de dias necessários para enraizamento variou entre 71 e 85 dias. Estes autores afirmam que as diferenças no enraizamento entre genótipos utilizados na alporquia podem estar relacionadas a variações na totipotência celular, que influenciam na produção de tecidos vegetais. Ahmad et al. (2014) relataram diferenças no enraizamento de três cultivares de oliveira, sendo a cultivar “FRANTOLIO” aquela com enraizamento mais rápido (39 dias), enquanto a cultivar “BAINCULLELA” apresentou o enraizamento mais lento (49 dias).

#### **4.4.CONCLUSÕES**

Os genótipos de pequiizeiro influenciam a sobrevivência, enraizamento, velocidade de calejamento e enraizamento 5 meses após a alporquia na região do Distrito Federal.

A característica mais afetada pelo genótipo é a taxa de enraizamento, que entre as matrizes avaliadas no presente trabalho variou entre 15 e 67%.

#### 4.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, F. et al. Growth response of olive cultivars to air layering. **Pure and Applied Biology**, v. 6.

AHMAD, S. et al. Propagation of olive cultivars through air layerage. **IOSR J Agric Vet Sci**, v. 7, n. 2, p. 121-125, 2014.

ALIYU, O. M. Clonal propagation in cashew (*Anacardium occidentale*): effect of rooting media on the rootability and sprouting of air-layers. **Tropical Science**, v. 47, n. 2, p. 65-72, 2007.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica** (UFRR), v. 8, p. 40-55, 2014.

CARMONA, S. H. et al. Propagación vegetativa de tres especies de mangle por acodos aéreos en el manglar de sontecomapan, catemaco, veracruz, meXICO. **Polibotánica**, n. 33, p. 193-205, 2012.

CASTRO, L. A. S.; SILVEIRA, C. A. P. Propagação vegetativa do pessegueiro por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 368-370, 2003.

GUIMARÃES, R. N. et al. Vegetative propagation of pequi (souari nut) by cutting. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, 2019.

KHAN, N. et al. Response of Litchi cultivars to rooting through air layering in different growth media. **Pure and Applied Biology**, v. 5, n. 4, p. 1, 2016.

LEITE, G. L. D. et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 315-320, 2007.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MANTOVANI, N. C. et al. Vegetative rescue of adult genotypes of annatto (*Bixa orellana* L.) by air layering. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

MAPONGMETSEM, P. M.; DIKSIA, M. Vegetative propagation of local fruit trees by air layering in the Guinean Savannah Highlands (GSH). **Journal of sustainable forestry**, v. 33, n. 1, p. 21-32, 2014.

MOZUMDER, S. N. et al. Effect of air layering time and genotype on success of plum propagation. **International Journal of Advanced Research in Biological Science**, v. 4, n. 9, p. 55-61, 2017.

PEREIRA, A.V. et al. **Enxertia de mudas de pequi**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2002. 26p. (Documentos, 66).

R Development Core Team (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

REHMAN, M. et al. Response of olive cultivars to air-layering at various timings. **Pakistan J of Agriculture Sci**, v. 50, n. 4, p. 555-558, 2013.

REIS, L. L. **Propagação de *Hancornia speciosa* Gomes – Apocynaceae, por alporquia e micropropagação**. 2011. 105 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2011.

SATISH, C. et al. Response of IBA concentrations and application dates on the performance of air layering in litchi cultivars. **International Journal of Basic and Applied Agricultural Research**, v. 12, n. 3, p. 460-465, 2014.

ZAMAN, W. et al. Response of Varieties to Air-Layering in Olive Cultivars. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v. 3, n. 2, p. 51-56, 2017.

---

## **EFEITO DE ÉPOCAS**

## RESUMO

A produção de mudas de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess), espécie nativa do Cerrado brasileiro, é feita normalmente por vias seminíferas. Mas sua propagação é dificultada pela dormência das sementes, que resulta em baixos índices e velocidade de germinação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes épocas e condições ambientais na alporquia de pequiheiros nativos, na região do Distrito Federal. Um experimento em blocos casualizados foi instalado na Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal, com objetivo de avaliar a influência da época do ano na sobrevivência, calejamento, enraizamento e vigor de enraizamento de alporques de pequiheiro. A alporquia foi realizada entre os meses de setembro de 2020 e julho de 2021, sendo os alporques montados a cada dois meses. Dessa forma, o experimento consistiu em seis épocas, com quatro repetições de 10 alporques cada. Quatro meses após a instalação foram avaliadas as características de sobrevivência, calejamento, enraizamento e vigor de enraizamento dos alporques. Também foram avaliadas as correlações entre as variáveis da alporquia e os dados climáticos obtidos na estação meteorológica. A época de alporquia influenciou as porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, sendo que o início da primavera (setembro) proporcionou 100% de sobrevivência, calejamento e enraizamento dos alporques, enquanto o período do inverno (julho) proporcionou 65% de sobrevivência, 75% de calejamento e 25% de enraizamento dos alporques. O vigor do enraizamento também foi superior na alporquia realizada em setembro. Correlações positivas e significativas foram observadas entre a umidade relativa do ar e a sobrevivência, o enraizamento, comprimento da maior raiz e vigor do enraizamento, a matéria fresca e seca de raízes. A precipitação e a temperatura média correlacionaram positivamente com o calejamento dos alporques.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Caryocar brasiliense*, clonagem, propagação, condições climáticas.

## ABSTRACT

*Caryocar brasiliense* Cambess, a species present throughout the Brazilian Cerrado region, seedling production is normally carried out using seeds. But its propagation is hampered by several factors, among them the seeds dormancy, which results in low rates and germination speed. Since studies involving the vegetative propagation of the species are important, the objective of this study was to evaluate the effect of different seasons and the environmental characteristics on the *Caryocar brasiliense* air layering in the Distrito Federal region. For this, a randomized block experiment was carried out at Fazenda Água Limpa, Distrito Federal, with the objective of evaluating the influence of the season of assembling the air layers on the survival, callus, rooting and rooting vigor of *Caryocar brasiliense* air layers. The air layering process was carried out between September 2020 and July 2021, and the layers were assembled every two months. Thus, the experiment consisted of six treatments, with four replications of 10 layers each. Four months after the process, the survival, callus formation, rooting percentages and the rooting vigor of the air layers were evaluated. The correlations between the air layer variables and the environmental characteristics obtained in a meteorological station were also evaluated. The season influenced the air layering survival, callus and rooting percentages, and the early spring period (September) provided 100% of survival, callus and rooting of the air layers, while the winter period (July) had 65% of survival, 75% callus and 25% rooting of the air layers. Rooting vigor characteristics were also higher in the September period. Positive and significant correlations were observed between air humidity and survival, rooting, length of the longest root, rooting vigor, fresh and dry roots mass. Precipitation and average temperature were positively correlated with the callus formation of the layers. Considering the results obtained, the period of September is the ideal for *Caryocar brasiliense* air layering in the Distrito Federal region, providing 100% survival, callousing and rooting.

**KEY-WORDS:** callousing, *Caryocar brasiliense*, rooting vigor, environmental characteristics, Pearson's linear correlation.

## 5.1.INTRODUÇÃO

O pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess) é amplamente distribuído no Cerrado brasileiro, principalmente nos estados de Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará e São Paulo (RAMOS et al., 2015). A produção de mudas de pequiheiro é dificultada pela dormência das sementes, que resulta em baixos índices de germinação (DOMBROSKI et al., 2010; NASORY e CUNHA, 2012). Além disso, devido a variabilidade genética, as plantas oriundas de mudas seminais podem apresentar desuniformidade na maturação de seus frutos, dificultando o processo de colheita (MARTINS et al., 2015).

A definição de métodos de propagação vegetativa do pequiheiro é importante na produção de mudas para a formação de pomares comerciais e utilização em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Visto que estudos relatam a baixa eficiência da propagação do pequiheiro via estaquia (RIBEIRO et al., 1996; PEREIRA et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2019; SOARES et al., 2019), a alporquia pode ser uma alternativa na obtenção de mudas clonais dessa espécie.

A técnica da alporquia, que induz a formação de raízes adventícias em partes de caule ainda ligadas à planta mãe, muitas vezes é mais eficiente que a estaquia na obtenção de mudas, a exemplo do que ocorre em pessegueiro (CASTRO e SILVEIRA, 2003), lichieira (LINS et al., 2015), jabuticabeira (DANNER et al., 2006) e outras espécies.

Dentre os fatores que influenciam o sucesso da alporquia, a época do ano e as respectivas condições ambientais merecem atenção. Foram relatadas maiores taxas de calejamento, enraizamento e número de raízes em alporques de jabuticabeira em diferentes períodos do ano (CASSOL et al., 2015). Esses autores obtiveram 20% de enraizamento de alporques realizados em abril e 0% em alporques produzidos em setembro. Demonstrando que as condições ambientais, notadamente umidade relativa do ar e temperatura média podem influenciar o sucesso do processo de alporquia (DANNER et al., 2006).

Danner et al. (2006), estudando o efeito de concentrações de AIB e épocas de alporquia em jabuticabeira, observaram 100% de enraizamento em alporques realizados em agosto, outubro e maio com aplicação de 4.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB.

Lins et al. (2015) observaram, em licheira, um menor enraizamento de alporques realizados em maio (65%) e julho (55% em média) quando comparados aos alporques montados em setembro, novembro, janeiro ou março (mais de 90% de enraizamento).

Pio et al. (2007) não observaram influência da época na sobrevivência de alporques de marmeleiro, mas constataram maior enraizamento de alporques no mês de julho (73%), enquanto os meses de abril e maio foram os piores para alporquia, com apenas 12% de enraizamento.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes épocas do ano e suas condições ambientais na sobrevivência, calejamento, enraizamento e vigor de enraizamento de alporques de pequiizeiros nativos na região do Distrito Federal.

## 5.2.MATERIAL E MÉTODOS

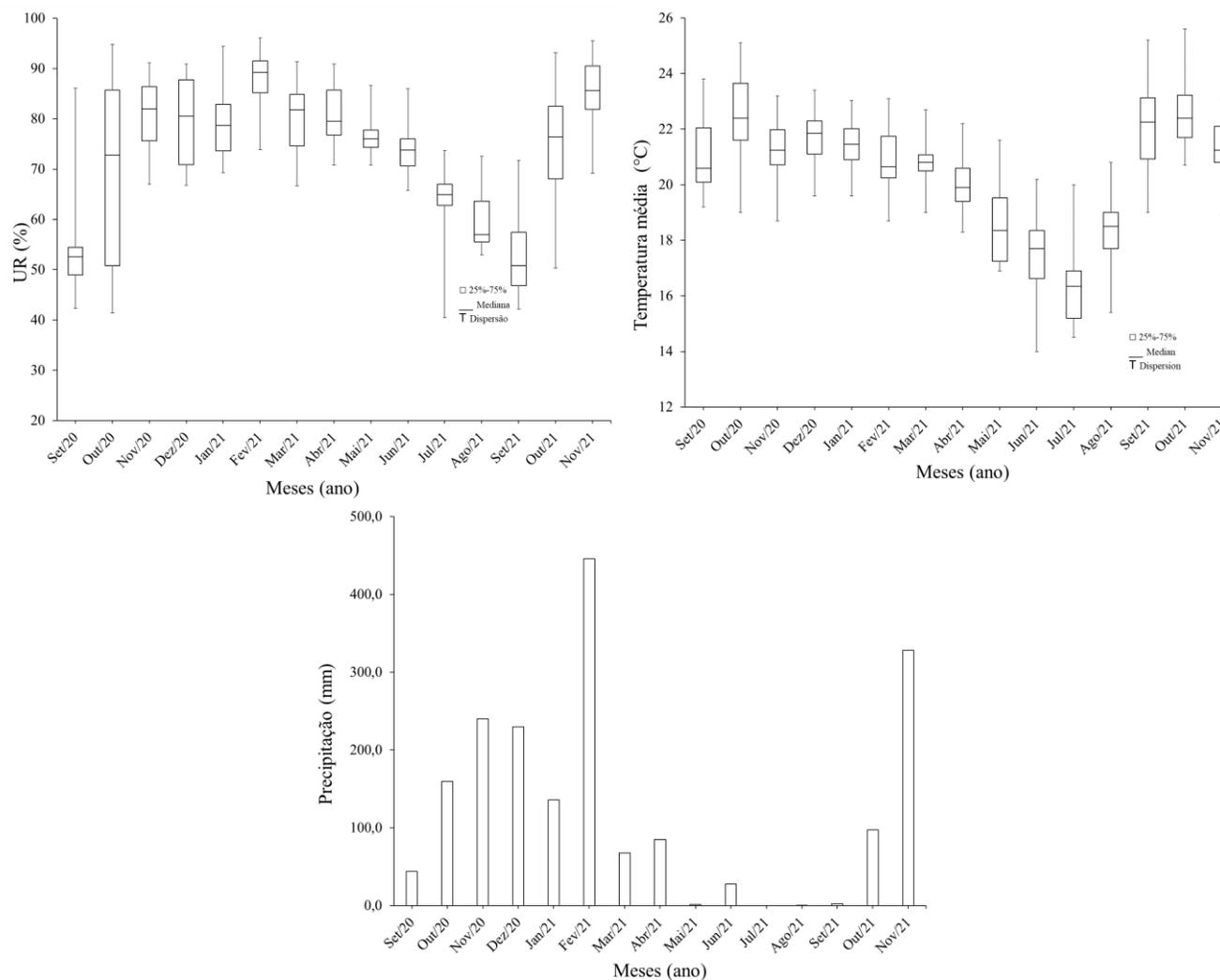
O estudo foi realizado em dois pequizeiros adultos e de portes semelhantes, localizados na Fazenda Água Limpa-UnB, Distrito Federal (15°56'49.3'' S, 47°55'47.3'' W e 15°56'50.1'' S, 47°55'46.7'' W). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, com precipitação anual média de 1.500 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014). As condições climáticas referentes ao período de avaliação do experimento estão apresentadas na Figura 5.1. Os primeiros alporques foram montados no dia 16/09/2020 e os últimos no dia 18/07/2021.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 6 épocas de alporquia e quatro repetições, contendo 10 alporques cada. Visando minimizar o dano às plantas matrizes, em cada uma delas foram montados cinco alporques de cada parcela, sendo a parcela composta por 5 alporques de cada planta. Utilizaram-se caules sadios e lignificados com diâmetro entre 20 e 30 mm, e o substrato utilizado foi o Bioplant® que propiciou melhores resultados em experimentos anteriores.

Os caules que utilizados na alporquia foram previamente anelados com auxílio de um alicate adaptado para alporquia com 3 cm de largura. Os alporques foram realizados na parte inferior das matrizes. Após o anelamento, o substrato Bioplant® foi afixado com auxílio de fita adesiva transparente, envolvendo toda a região com o objetivo de evitar a dessecação. Os alporques foram marcados e etiquetados de acordo com a parcela. Nas matrizes, quando necessário, foi realizado o desbaste de frutos ou a remoção de flores com o objetivo de minimizar os drenos de fotoassimilados nos caules anelados.

Após 120 dias, os alporques foram cortados das plantas matrizes com auxílio de uma serra de poda 5 cm abaixo da região do anelamento, acondicionados em recipientes de acordo com seu tratamento e transportados para o Laboratório de Sementes da Universidade de Brasília, onde foram feitas avaliações das porcentagens de sobrevivência, calejamento e enraizamento, do comprimento da raiz mais longa, da matéria seca e fresca das raízes.

**Figura 5.1** Dados climáticos coletados na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa, UnB, referentes ao período de manutenção dos alporques em campo. Brasília-DF, 2020-2021.



No laboratório, as raízes foram lavadas com o objetivo de remover qualquer resíduo de substrato. Após a remoção do substrato, foi avaliada a emissão de calos, sendo considerado calejado o alporque que emitiu algum calo na região anelada. Foram considerados enraizados aqueles alporques que emitiram pelo menos uma raiz com comprimento maior que 1 cm. A determinação do comprimento da raiz mais longa foi feita com auxílio de uma régua graduada, sendo o comprimento foi expresso em centímetros (cm).

Para determinação da matéria fresca, as raízes foram removidas dos alporques e então colocadas em um recipiente de alumínio para determinação da sua massa em balança de alta precisão. Após, as raízes foram colocadas em estufa com temperatura regulada em 80°C durante 3 dias. A determinação da matéria seca foi feita após as amostras serem retiradas da estufa e acondicionadas em dessecadores para resfriamento por duas horas, e então pesadas novamente (MAURYA et al., 2013).

Também foi avaliado o vigor (intensidade) de enraizamento de cada alporque calejado mediante a seguinte escala de notas: 0 - Presença de calos, mas sem formação de raízes; 1 – menos de 20% dos calos emitiram raízes; 2 – entre 21 e 40% dos calos emitiram raízes; 3 – entre 41 e 60% dos calos emitiram raízes; 4 – entre 61 e 80% dos calos emitiram raízes; 5 – mais de 80% dos calos emitiram raízes (CARMONA et al., no prelo).

As médias dos tratamentos para as características de sobrevivência, calejamento e enraizamento e vigor de enraizamento dos alporques foram submetidos à análise de variância, e em caso de significância, ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade (R STATISTICAL SOFTWARE, 2009). As correlações foram realizadas com auxílio do software genes (CRUZ, 2013). Os coeficientes de correlação linear de Pearson foram comparados utilizando a seguinte classificação: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,90$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).

### 5.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época de montagem da alporquia influenciou significativamente todas as características avaliadas (Tabela 5.1) no teste F à 1% de probabilidade. As médias de sobrevivência e calejamento foram superiores a 80%, enquanto o enraizamento médio foi de 58% e o comprimento da maior raiz de 3,34 cm. Os resultados obtidos neste trabalho foram superiores aos relatados por Leite et al. (2007) que obtiveram 60% de sobrevivência, 70% de calejamento, 8% de enraizamento e 0,28 cm de comprimento da maior raiz em alporques de pequiheiro utilizando o regulador de crescimento AIB. Ressalta-se que neste estudo não foi utilizado regulador de crescimento.

De acordo com Leite et al. (2007) as baixas taxas de enraizamento de alporques de pequiheiro observadas podem ter ocorrido devido ao período de instalação da alporquia (final do verão). Comparando os resultados obtidos por estes autores, com os observados neste estudo no final do verão (janeiro), nota-se que as taxas de sobrevivência, calejamento, enraizamento e comprimento da maior raiz (77,5%, 100%, 52,5% e 4,89 cm) ainda foram superiores aos melhores resultados obtidos por Leite et al. (2007).

A instalação em setembro/2020 (início da primavera até o início do verão) (Tabela 5.2), proporcionou as maiores taxas de sobrevivência (100%), calejamento (100%), enraizamento (100%), comprimento da maior raiz (5,7 cm), vigor de enraizamento (3,72), matéria fresca e seca de raízes (4,13 e 0,7914 g, respectivamente). Os meses de janeiro (início do verão até o início do outono), março (início do outono até início do inverno), maio (fim do outono até o fim do inverno) e julho (início do inverno até início da primavera) proporcionaram menores valores para todas as características avaliadas.

**Tabela 5.1:** Resumo da análise de variância (quadrado médio) das variáveis sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca de raiz (MFA) e matéria seca de raiz (MAS), quatro meses após a instalação da alporquia de pequizeiro em diferentes períodos do ano. Brasília-DF, 2021.

	GL	Sob	Cal	Enr	CMR	Vig	MFA	MSA
Épocas	5	687,5**	917,5**	2724,17**	14,60**	4,54**	6,93**	0,2569**
Bloco	3	104,17 <sup>ns</sup>	15,28 <sup>ns</sup>	48,61 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,0155 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	80,83	21,94	108,61	0,71	0,07	0,57	0,0129
Média		83,75	86,25	58	3,34	1,8	2,07	0,3269
CV (%)		10,74	5,43	17,99	25,29	14,28	36,4	34,73

\*\*significativo no teste F a 1% de probabilidade, <sup>ns</sup>não significativo no teste F.

Nota-se que não houve diferenças significativas (Tabela 5.2) para as características de sobrevivência, calejamento e comprimento da maior raiz entre o primeiro e o segundo período de avaliação, mas a porcentagem de enraizamento foi significativamente inferior no segundo (de 100% para 75%). O calejamento observado neste estudo variou entre 100% (períodos 1, 2 e 3) e cerca de 70% (períodos 4, 5 e 6). Diferenças no calejamento de alporques em função da época de instalação foram relatados em lichieira (LINS et al., 2015) e jabuticabeira (CASSOL et al. 2015).

Os melhores resultados obtidos no período de setembro (início da primavera) podem estar relacionados à mobilização de carboidratos sintetizados nas folhas novas de pequizeiro, que rebrotam após o período de inverno (espécie caducifólia) e também ao reinício das chuvas na região, precedendo o período de frutificação do pequizeiro, características que influenciam na produção e mobilização de fotoassimilados e hormônios nas folhas e brotos novos. Observa-se na Figura 5.1 que no período entre setembro de 2020 e janeiro de 2021 a precipitação média foi de cerca de 150 mm e bem distribuída nos períodos avaliados.

Resultados de enraizamento semelhantes foram observados em jabuticabeira (DANNER et al., 2006; CASSOL et al., 2015), *Heritiera fomes*, *Intsia bijuga*, *Excoecaria agallocha* (EGANATHAN, RAO e ANAND, 2000), lichieira (LINS et al., 2015) e outras (MWANG'INGO et al., 2010; NAITHANI et al., 2018).

Cassol et al. (2015) argumentam que as diferenças observadas no enraizamento de jabuticabeira entre os meses de abril (20%) e dezembro (0%) podem estar relacionadas à presença de carboidratos nos tecidos, que são acumulados anteriormente ao processo de frutificação que ocorre no verão. Outro fator que, segundo Cassol et al. (2015), influenciou no enraizamento de jabuticabeira foi a maior temperatura ambiental, que favorece a divisão e diferenciação celular.

Danner et al. (2006) observaram que a alporquia em jabuticabeira realizada no mês de agosto proporcionou 100% de enraizamento, enquanto o período de maio proporcionou apenas 33%. Estes autores argumentam que o maior enraizamento pode ter ocorrido devido ao elevado metabolismo e mobilização de carboidratos devido ao desenvolvimento vegetativo da cultura.

O vigor de enraizamento observado foi superior no período de setembro (3,72), diferindo de todos os outros períodos avaliados, sendo o pior vigor observado em julho (0,75). Um vigor de enraizamento mais próximo de cinco indica uma maior produção efetiva de raízes, visto que, a porcentagem de enraizamento indica apenas a emissão inicial de raízes, o vigor de enraizamento é uma variável importante posteriormente na fase de produção de mudas.

**Tabela 5.2:** Efeito de épocas (período de instalação) na sobrevivência (Sob), no calejamento (Cal), no enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca de raiz (MFA) e matéria seca de raiz (MSA) de alporques de pequiheiro aos quatro meses após instalação. Brasília-DF, 2020-2021.

Épocas	Sob	Cal	Enr	CMR	Vig	MFA	MSA
Setembro	100a	100,0a	100,0a	5,70a	3,72a	4,13a	0,7914a
Novembro	97,5a	100,0a	75,0b	4,48a	2,22b	2,56b	0,3221b
Janeiro	77,5b	100,0a	52,5c	4,89a	1,70c	1,92b	0,3127b
Março	80,0b	70,0b	45,0c	1,75b	1,25d	1,19c	0,1788c
Maior	82,5b	72,5b	50,0c	2,08b	1,18d	2,39b	0,3178b
Julho	65,0c	75,0b	25,0d	1,12b	0,75e	0,25c	0,0386c
Média	83,75	86,25	58	3,34	1,8	2,07	0,3269
CV (%)	10,74	5,43	17,99	25,29	14,28	36,4	34,73

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Comportamento semelhante foi observado para as variáveis matéria fresca e seca de raízes, com o período de setembro resultando nos maiores valores (4,13 e 0,79 g respectivamente), enquanto o período de julho apresentou os piores resultados (0,25 e 0,04g respectivamente). A maior produção de raízes observada no período de início da primavera pode estar relacionada às maiores temperaturas e precipitação (Figura 5.1), que ajudam na manutenção da umidade do alporque, evitando a dessecação e a morte dos calos e raízes. Eganathan, Rao e Anand (2000) argumentam que uma maior taxa de sucesso na alporquia pode ser obtida realizando a montagem em períodos mais chuvosos, característica que evita a dessecação e também pode aumentar a atividade celular necessária à emissão de raízes adventícias.

Lins et al. (2015) obtiveram menor matéria seca de raízes de alporques de lichieira nos períodos entre maio e julho, e os melhores resultados foram observados entre setembro e novembro. Esses autores observaram que os meses de maior produção de raízes ocorreram no período de frutificação da espécie e de maior temperatura média, assim como observado para pequiheiro neste estudo.

Correlações de Pearson muito, positivas e significativas foram observadas entre as variáveis sobrevivência (Sob) e enraizamento (Enr), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca e seca de raízes (MFA e MSA respectivamente).

O enraizamento se correlacionou significativamente com o comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig) e matéria fresca e seca de raízes (MFA e MSA respectivamente). Abdul-Hafeez (2020) e Ibrahim (2020) relaram correlações significativas entre o enraizamento, matéria seca e fresca de raízes, número e comprimento de raízes.

Com relação às condições ambientais, o calejamento (Cal) teve correlação muito forte e significativa com a precipitação e as temperaturas média e mínima ( $r=0,91$ ,  $0,82$  e  $0,85$ , respectivamente), indicando que maiores taxas de calejamento são esperadas em períodos mais chuvosos e quentes, provavelmente devido à absorção de água, maior fotossíntese e maior divisão celular que ocorrem em pequiheiros nesses períodos. Hartmann et al. (2014) afirmam que a divisão celular em ramos anelados é favorecida pela maior temperatura média, umidade relativa e presença de chuvas.

**Tabela 5.3:** Coeficientes de correlação linear de Pearson para características de alporquia e características climáticas obtidas na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa, UnB. Brasília-DF, 2021.

	Sob	Cal	Enr	CMR	Vig	MFA	MSA	PRE	TME	TMA	TMI	URM
Sob	1	0,6201	0,9518**	0,7452	0,8629*	0,9044*	0,8152*	0,5912	0,4806	0,2391	0,5161	0,8735*
Cal	-	1	0,7227	0,949**	0,745	0,6346	0,6201	0,9147*	0,8183*	0,5174	0,8481*	0,6789
Enr	-	-	1	0,8571*	0,9734**	0,9569**	0,9379**	0,6025	0,5919	0,4349	0,5564	0,8871*
CMR	-	-	-	1	0,8682*	0,8108*	0,8071*	0,7773	0,7295	0,4416	0,7687	0,8414*
Vig	-	-	-	-	1	0,9097*	0,9505**	0,5815	0,684	0,5998	0,5847	0,8396*
MFA	-	-	-	-	-	1	0,9630**	0,4794	0,3691	0,2624	0,3546	0,8341*
MSA	-	-	-	-	-	-	1	0,3993	0,4444	0,4308	0,3558	0,8010*
PRE	-	-	-	-	-	-	-	1	0,7753	0,4668	0,8095*	0,5000
TME	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,7935	0,9159*	0,5499
TMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,4839	0,1767
TMI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6688
URM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Legenda: Sobrevivência (Sob), calejamento (Cal), enraizamento (Enr), comprimento da maior raiz (CMR), vigor de enraizamento (Vig), matéria fresca de raiz (MFA), matéria seca de raiz (MSA), precipitação acumulada (PRE), temperatura média (TME), temperatura máxima (TMA), temperatura mínima (TMI), e umidade relativa média (URM). \* Significativo a 5%; \*\* Significativo a 1%.

A umidade relativa correlacionou significativamente com a sobrevivência ( $r=0,87$ ), o enraizamento ( $r=0,89$ ), o comprimento da maior raiz ( $r=0,84$ ), o vigor de enraizamento ( $r=0,84$ ), a matéria fresca e seca de raízes ( $r=0,83$  e  $0,80$  respectivamente). Este resultado indica que para se obter sucesso na alporquia, o período de instalação deve apresentar elevada umidade relativa. Visto que o ambiente nativo do pequiheiro é o cerrado, de clima muito seco no inverno, a reposição de água deve ser observada, pois baixas umidades relativas e elevadas temperaturas podem causar a perda de água no substrato de alporquia, reduzindo a chance de sucesso na alporquia. Rusnak e Braun (2017) também observaram correlações positivas entre o enraizamento e a umidade na estaquia de avelã (*Corylus americana* Walter).

Segundo Hartmann et al. (2014) a formação de raízes adventícias ocorre a partir de tecidos mais novos no floema ou a partir de regiões calejadas, sendo que para algumas espécies o calejamento é um fator limitante ao enraizamento de alporques (SINGH e ANSARI, 2014). Neste estudo, correlações positivas foram observadas entre as variáveis calejamento e enraizamento ( $r=0,72$ ). De Deus, Coutinho e Melo (2020) não observaram correlações significativas entre as variáveis sobrevivência e calejamento em estacas de pequiheiro.

Apesar de as correlações não serem significativas, não foram observados alporques enraizados sem a presença de calejamento (dados não apresentados), indicando que para pequiheiro o calejamento prévio é um fator essencial.

## **5.4.CONCLUSÕES**

O mês mais adequado para instalação de alporques de pequizeiro na região do Distrito Federal é o início da primavera (setembro), podendo atingir 100% de enraizamento.

As variáveis sobrevivência, calejamento, enraizamento, comprimento da maior raiz, vigor de enraizamento, matéria fresca e matéria seca de raízes tiveram comportamento decrescente ao longo das épocas de instalação da alporquia, com máximo em setembro e mínimo em julho.

## 5.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAFEEZ, E. Y. Production of high quality air-layers from *Conocarpus erectus* L. in response to IBA and *Bacillus subtilis*. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 47, n. 1, p. 29-39, 2020.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPEL, 2004. 142p.

CASSOL, D. A. et al. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 267-272, 2015.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p. 271-276, sep. 2013.

DANNER, M. A. et al. Enraizamento de jabuticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DE DEUS, R. R. P.; COUTINHO, G.; DE MELO, E. T. Ácido indolbutírico como indutor de enraizamento em estacas de pequi. **MAGISTRA**, v. 31, p. 611-619, 2021.

EGANATHAN, P.; RAO, C. S.; ANAND, A. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. **Wetlands Ecology and Management**, v. 8, n. 4, p. 281-286, 2000.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 559p.

IBRAHIM, O. H. M. Developing air layering practices for propagation of *Dracaena marginata* lam. utilizing phloroglucinol and seaweed extract as IBA-synergists or alternatives. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 7, n. 2, p. 185-197, 2020.

LEITE, G. L. D. et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 315-320, 2007.

LINS, L. C. R. et al. THE LYCHEE TREE PROPAGATION BY LAYERING. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 480-487, 2015.

MAURYA, R. P. et al. A. Studies on the Propagation of Jamaican Ackee (*Blighia sapida* L.) by Air-layering. **HortScience**, v. 48, n. 10, p. 1298-1300, 2013.

MWANG'INGO, P. L. et al. Propagating *Osyris lanceolata* (African sandalwood) through air layering: Its potential and limitation in Tanzania. **Southern African Forestry Journal**, v. 207, n. 1, p. 7-13, 2006.

NAITHANI, D. C. et al. Effect of Time of Air Layering, IBA Concentrations, Growing Media and their Interaction on the Rooting Behaviour of Pant Prabhat Guava (*Psidium guajava* L.) under Sub-Tropical Condition of Garhwal Himalaya. **Int. J. Pure App. Biosci**, v. 6, n. 3, p. 169-180, 2018.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RUSNAK, T.; BRAUN, L. The Effects of Relative Humidity and Substrate Moisture on Rooting of Hybrid Hazelnuts from Hardwood Stem Cuttings. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 35, n. 4, p. 156-160, 2017.

## DISCUSSÃO GERAL

Os experimentos realizados na região do Distrito Federal mostram que a alporquia pode ser empregada na propagação clonal do pequiizeiro. Dependendo da planta matriz, a sobrevivência, o calejamento e o enraizamento de alporques de pequiizeiro pode atingir 100% no melhor período do ano, utilizando substratos e ramos com diâmetros adequados.

Conforme exposto nos capítulos anteriores, a alporquia do pequiizeiro foi influenciada por todos os fatores avaliados individualmente. Como protocolo para clonagem de pequiizeiro por alporquia, recomenda-se o uso de caules com diâmetro entre 20 e 29 mm, pois foi observada uma elevada mortalidade de caules com diâmetro inferior a 19 mm e baixo calejamento de caules com diâmetro superior a 30 mm.

O substrato adequado para a alporquia de pequiizeiro deve apresentar as seguintes características físicas: densidade aparente inferior a  $0,278 \text{ g cm}^{-3}$ , macroporosidade entre 35 e 50% e microporosidade entre 30 e 35%; e químicas:  $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{P} > 3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca} > 7,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg} > 3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Na} < 1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $\text{ISNa} < 6\%$ . O enraizamento dos alporques tem correlação positiva e significativa com a densidade real, os teores de P, Ca e Mg, a CTC e a soma de bases; e correlação negativa com a densidade aparente, a água disponível, o teor e o índice de saturação por sódio.

Os genótipos testados na alporquia influenciaram o sucesso da alporquia, sendo assim, em estudos futuros devem ser realizadas avaliações para verificar a propensão dos genótipos ao enraizamento. O período ideal de instalação de alporquia em pequiizeiro é o mês de setembro, período de início da primavera, em que o enraizamento ocorreu sem a utilização de reguladores de crescimento.

O volume de substrato utilizado na alporquia de pequiizeiro deve ser objeto de estudos futuros, pois a quantidade utilizada no presente trabalho (300 mL) pode ter sido limitante ao enraizamento de alporques de pequiizeiro, devido ao pequeno espaço para o desenvolvimento radicular.

Com base nos resultados do Capítulo 3, especificamente a maior porcentagem e vigor de enraizamento de alporques em substratos com menor teor de água disponível, estudos buscando definir os teores de hidratação e reposição de água no substrato Bioplant® são necessários para elucidar a influência da umidade.

Apesar do sucesso na fase de alporquia, a etapa de produção de mudas não pôde ser realizada devido às limitações de tempo no projeto de pesquisa. Dessa forma, são necessários mais estudos de longo prazo para a definição de protocolos de produção de mudas por alporquia de pequizeiro, e avaliação do seu desenvolvimento no campo.