

Intraspecific grafting and anatomical compatibility of *Eugenia stipitata* Mc Vaugh

Enxertia intraespecífica e compatibilidade anatômica do araçá-boi (Eugenia stipitata Mc Vaugh)

Jeysse Kelly Carvalho de Andrade¹, Edvan Alves Chagas², Pollyana Cardoso Chagas¹, Rafael Pio³, Cassiana Alves Ferreira⁴, Ingridy do Nascimento Tavares¹, Elias Ariel Moura¹

Abstract: The *E. stipitata* is a native fruit tree from the Amazon, currently in the domestication phase due to its high nutritional and economic potential. In this process, studies aiming at the technical feasibility of propagating materials with desirable agronomic qualities are necessary but still incipient. Thus, the objective of this study was to evaluate different grafting methods for *E. stipitata* propagation and the compatibility between scion and rootstock using anatomical analysis as a tool. For the experiment, a randomized block design was used in a split-plot scheme over time, with three replications. The plots consisted of three grafting types: cleft grafting, side-veneer grafting, and budding. The subplots were four evaluation times: 30, 60, 90, and 120 days after grafting (DAG). The evaluated variables were the grafting success rate, the number of shoots per graft, shoot length, and shoot diameter. There was a significant interaction between the factors under study. During the experimental period, an increasing grafting success rate and the number of shoots emitted were observed for budding, although with a low success rate. Through cleft grafting, there was a complete loss of shoots at 120 DAG, leading to the subsequent death of all tissues. Budding grafting appears as a promising method for *E. stipitata* propagation, demonstrating vascular tissue connection feasibility, although this effect did not reflect in the grafting success rate.

Key words: Anatomical analysis. Grafting. *Eugenia stipitata*. Vegetative propagation.

Resumo: O araçá-boi é uma frutífera nativa da Amazônia, e que está em fase de domesticação por possuir alto potencial nutricional e econômico. Nesse processo, estudos que visem à viabilidade técnica de propagação de materiais com qualidades agrônomicas desejáveis são necessários e ainda incipientes. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes tipos de enxertia para a propagação do araçá-boi, e a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto empregando a ferramenta de análises anatômicas. Para a realização do experimento, utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. As parcelas consistiram-se em três tipos de enxertia: garfagem em fenda cheia, garfagem em fenda lateral e borbulhia em placa. As subparcelas foram quatro épocas de avaliação: 30, 60, 90 e 120 dias após enxertia (DAE). As variáveis avaliadas foram a porcentagem de pegamento, o número de brotos por enxerto, o comprimento de brotos e o diâmetro de brotos. Houve efeito significativo para a interação entre os fatores em estudo. Durante o período experimental, verificou-se para o enxerto em borbulhia aumentos crescentes na porcentagem de pegamento e no número de brotos emitidos, porém com baixa taxa de sucesso. Por meio da garfagem, houve perda total dos brotos aos 120 DAE, o que resultou posteriormente na morte total dos tecidos. A enxertia do tipo borbulhia se apresenta como o método promissor para a propagação de *E. stipitata*, evidenciando viabilidade na conexão dos tecidos vasculares, porém esse efeito não refletiu na taxa de pegamento dos enxertos.

Palavras-chave: Análise anatômica. Enxertia. *Eugenia stipitata*. Propagação vegetativa.

*Corresponding author

Submitted for publication on 23/08/2023, approved on 08/09/2023 and published on 24/01/2024

¹Federal University of Roraima (UFRR), Cauamé Campus, BR-174 Km 12, Monte Cristo, 69301-970, Boa Vista-RR, Brazil. E-mails: jeysseandrade@gmail.com; ; pollyana.chagas@ufr.br; ingridyntavares@gmail.com; eliasariel90@gmail.com

²Brazilian Corporation of Agricultural Research (Embrapa) Boa Vista-RR, Brazil. Productivity Research Scholarship – CNPq. Email: edvan.chagas@embrapa.br

³Federal University of Lavras (UFLA), C.P. 37, 37200-000, Lavras -MG, Brazil. Productivity Research Scholarship – CNPq. E-mail: rafaelpio@ufla.br

⁴Continental University, Huancayo, Peru. E-mail: cassianaaf@gmail.com

INTRODUCTION

The Amazon region is rich in fruit species with differentiated organoleptic and nutritional characteristics that meet the demands of the local, national and international market for new products (ARAÚJO *et al.*, 2021). Among these species, the *E. stipitate*, belonging to the Myrtaceae family, is a perennial fruit plant, with exotic flavor and aroma fruits growing in Brazil, Peru, Ecuador, and Colombia. Currently, it has been the target of scientific research in the region due to its economic, ecological and medicinal potential and its beneficial functional and nutritional characteristics (ORTIZ *et al.*, 2021; FARIAS *et al.*, 2023).

The pulp of the *E. stipitata* has good physical-chemical characteristics and sensorial attributes of good acceptability, being predominantly used in the preparation of nectars, jellies and sweets, and little consumed *fresh*. It is rich in carotenoids, terpenes, fiber, vitamin C and provitamin A, and also has high antioxidant activity (ARAÚJO *et al.*, 2021; AMORIM *et al.*, 2022; REYES-ALVAREZ *et al.*, 2022).

The *E. stipitata* is in the domestication phase, and its productive potential is due to its precocity characteristics, since the plants produce from one year of planting, in high frequency and large volume, as observed in the exploration carried out in an extractive way, which is the main mode of production of this species in the Amazon region (MENDES; MENDONÇA, 2012; SANTOS *et al.*, 2017).

The *E. stipitata* is mainly propagated through seed germination and has between 4 and 11 seeds per fruit. Although its asexual propagation is possible, alternative methods such as grafting and rooting cuttings have not shown significant results (QUEVEDO GARCIA, 1995). According to Hartmann *et al.* (2017), the best technique for achieving homogeneous seedlings in less time is using vegetative propagation. Therefore, it is necessary to establish which type of propagation should be most suitable to produce *E. stipitata* seedlings.

INTRODUÇÃO

A região Amazônica é rica em espécies frutíferas com características organolépticas e nutricionais diferenciadas que atendem as exigências do mercado local, nacional e internacional de novos produtos (ARAÚJO *et al.*, 2021). Entre essas espécies, o araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), pertencente à família Myrtaceae, é uma fruteira perene, com frutos de sabor e aroma exóticos e que ocorre no Brasil, Peru, Equador e Colômbia. Atualmente, vem sendo alvo de pesquisas científicas na região devido aos seus potenciais econômico, ecológico e medicinal devido às suas características funcionais e nutricionais benéficas (ORTIZ *et al.*, 2021; FARIAS *et al.*, 2023).

A polpa do araçá-boi tem boas características físico-químicas e atributos sensoriais de boa aceitabilidade, sendo predominantemente utilizada no preparo de néctares, geleias e doces. É rica em carotenoides, terpenos, fibras, vitamina C e provitamina A, possuindo ainda alta atividade antioxidante (ARAÚJO *et al.*, 2021; AMORIM *et al.*, 2022; REYES-ALVAREZ *et al.*, 2022).

O araçá-boi está em fase de domesticação, e seu potencial produtivo se deve às características de precocidade, já que as plantas produzem a partir de um ano de plantio, em alta frequência e grande volume, como observado na exploração realizada de forma extrativista, que é principal o modo de produção dessa espécie na região amazônica (MENDES; MENDONÇA, 2012; SANTOS *et al.*, 2017).

O araçá-boi é principalmente propagado por meio da germinação de sementes e tem entre 4 e 11 sementes por fruto. Embora sua propagação assexuada seja possível, métodos alternativos como a enxertia e o enraizamento de estacas não têm mostrado resultados significativos (QUEVEDO GARCIA, 1995). Segundo Hartmann *et al.* (2017), a melhor técnica para se obter mudas homogêneas em menor tempo é empregando a propagação vegetativa. Assim, é necessário estabelecer que tipo de propagação deve ser mais adequado à produção de mudas do araçá-boi.

The propagation of seedlings by grafting is widely used in fruit growing, as it preserves the characteristics of agronomic interest of the mother plant and guarantees the formation of uniform orchards (TRUEMAN *et al.*, 2013). Sexual propagation does not guarantee such advantages, resulting in genetic variability of the progeny (HARTMANN *et al.*, 2017; TOKAIRIN *et al.*, 2018). In the initial stages of domestication of a fruit species, vegetative propagation methods such as grafting represent a more economical alternative for rescuing native fruit species (STUEPP *et al.*, 2018).

Among the factors that affect the percentage of grafting, the age of the rootstock, the time of grafting, the C/N ratio, phenolic compounds and the activity of the peroxidase enzyme are the most significant (RODRIGUES *et al.*, 2002; OLIARI., 2016; CASSOL *et al.*, 2017). Successful grafting requires the adoption of the best method and high compatibility of the grafted materials (TELLES, 2005), which must be assessed through the connection of vascular tissues. Thus, the greater this connection, the greater the success of the graft (MELO *et al.*, 2017).

Compatibility is an extremely important aspect to be considered in the practice of grafting, as it is intrinsically related to the botanical proximity between the scion and the rootstock. The closer this proximity, the greater the chances of success in the grafting technique. In this context, intraspecific grafting, which involves the use of graft and rootstock belonging to the same botanical species, demonstrates a superior natural affinity compared to interspecific grafting, in which the graft and rootstock belong to different species, although of the same genus (MUDGE *et al.*, 2009).

Studies with Myrtaceas, such as the wild cherry (*Eugenia involucreta* DC.), indicated that the grafting was efficient in its propagation (LATTUADA *et al.*, 2010; SANTORO *et al.*, 2022). However, anatomical aspects of grafting must be considered in research to evaluate the compatibility between grafted species and, thus, decide on the appropriate techniques for each species.

A propagação de mudas por enxertia é muito utilizada na fruticultura, pois preserva as características de interesse agrônomo da planta mãe e garante a formação de pomares uniformes (TRUEMAN *et al.*, 2013). A propagação sexuada não garante tais vantagens, resultando em variabilidade genética da progênie (HARTMANN *et al.*, 2017; TOKAIRIN *et al.*, 2018). Nas fases iniciais de domesticação de uma espécie frutífera, o método da enxertia apresentam-se como alternativa mais econômica para o resgate de espécies frutíferas nativas, entre os métodos de propagação vegetativa (STUEPP *et al.*, 2018).

Entre os fatores que afetam o percentual de pegamento na enxertia, a idade do porta-enxerto, a época da enxertia, a relação C/N, os compostos fenólicos e a atividade da enzima peroxidase são os mais significativos (RODRIGUES *et al.*, 2002; OLIARI., 2016; CASSOL *et al.*, 2017). O sucesso na enxertia requer a adoção do melhor método e a alta compatibilidade dos materiais enxertados (TELLES, 2005), que será avaliada por meio da conexão dos tecidos vasculares. Assim, quanto maior essa conexão, maior o sucesso do enxerto (MELO *et al.*, 2017).

A compatibilidade é um aspecto de extrema importância a ser considerado na prática da enxertia, uma vez que está intrinsecamente relacionada à proximidade botânica entre enxerto e portaenxerto. Quanto mais estreita essa proximidade, maiores são as chances de sucesso na técnica de enxertia. Nesse contexto, a enxertia intraespecífica, que envolve o uso de enxerto e de portaenxerto pertencentes à mesma espécie botânica, demonstra uma afinidade natural superior em comparação à enxertia interespecífica, na qual o enxerto e o portaenxerto pertencem a espécies diferentes, embora do mesmo gênero (MUDGE *et al.*, 2009).

Estudos com cerejeira-do-mato, uma Myrtacea, indicaram que a enxertia foi eficiente na sua propagação (LATTUADA *et al.*, 2010; SANTORO *et al.*, 2022). Contudo, aspectos anatômicos da enxertia devem ser considerados nas pesquisas por avaliar a compatibilidade entre espécies enxertadas e, assim, decidir sobre as técnicas adequadas para cada espécie.

Evaluating different vegetative propagation techniques for the domestication of the *E. stipitata* is necessary, to increase its expansion. Therefore, the objective was to evaluate types of grafting (full cleft grafting, lateral cleft grafting, and plate grafting) and the compatibility between graft and rootstock using anatomical analyzes in the propagation of *E. stipitata*.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in the Fruit Growing sector of Embrapa Roraima, whose geographic reference coordinates are registered at 02°42'30" N and 47°38'00" W, with an altitude of 90 m. The experiment was conducted in a screened greenhouse with shade to retain 50% light.

The experimental design used was in randomized blocks, in a split-plot scheme, with three replications. The plots consisted of three types of grafting – 1) full slit grafting (FC), 2) lateral slit grafting (FL) and 3) plate grafting (BO). The evaluation times (30, 60, 90 and 120 days after grafting) constituted the subplots.

The rootstocks were grown in a greenhouse, using seeds to form *E. stipitata* seedlings. These seedlings remained for 210 days after germination, during which they reached an average height of 40 cm to receive the graft. Propagules for graft formation were collected from apical branches of adult plants. After collection, the branches were placed in fabric bags soaked in water to prevent dehydration. Before grafting, the stem of the seedlings was washed and disinfected with liquid detergent and water. For grafting, standardized forks between 15 and 20 cm in length and 0.8 to 1.0 cm in diameter were used.

Avaliar diferentes técnicas de propagação vegetativa para a domesticação do araçá-boi faz-se necessário, a fim de ampliar sua expansão. Diante disso, objetivou-se avaliar tipos de enxertia (garfagem em fenda cheia, garfagem em fenda lateral e borbulhia em placa) e a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto empregando análises anatômicas na propagação de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no setor de Fruticultura da Embrapa Roraima, cujas coordenadas geográficas de referência são registradas a 02°42'30"N e 47°38'00"W, com 90 m de altitude. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo telado com sombrite para reter 50% de luminosidade.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas consistiram-se em três tipos de enxertia – 1) garfagem em fenda cheia (FC), 2) garfagem em fenda lateral (FL) e 3) borbulhia em placa (BO). Os tempos de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias após enxertia) constituíram as subparcelas.

Os porta-enxertos foram cultivados em casa de vegetação, utilizando-se sementes para a formação das mudas de araçá-boi. Essas mudas permaneceram durante 210 dias após a germinação, período que atingiram altura média de 40 cm para receber o enxerto. Os propágulos para formação dos enxertos foram coletados de ramos apicais de plantas adultas. Após a coleta, os ramos foram acondicionados em sacos de tecidos molhados em água para evitar a desidratação. Antes da realização da enxertia, o caule das mudas foi lavado e desinfestado com detergente líquido e água. Para a enxertia, foram utilizados garfos padronizados entre 15 e 20 cm de comprimento e 0,8 a 1,0 cm de diâmetro.

After carrying out the grafting, the forks were protected by a humid chamber made with a transparent plastic bag tied with string below the grafting region to avoid dehydration (MELO *et al.*, 2017). The string was removed shortly after sprouting began, and the plastic was removed when the sprouts reached approximately 7 cm in length. The tapes used in bubbling-type grafting were removed after 40 days, and the tapes used in fork-type grafting were removed after 90 days, when the union between the grafted materials was observed.

Growth and development assessments were carried out monthly, starting 30 days after grafting. The variables evaluated were percentage of take (PEG), number of shoots per graft (NBE), shoot length (CB) and shoot diameter (DB).

To evaluate the percentage of take, the number of live grafts and those with sprouts were quantified and transformed into a percentage, with a 'taken graft' being considered the one with live tissues and with emerged shoots.

At 120 days after grafting, shoot portions approximately 2 cm long were collected above and below the grafting region. These portions were fixed in formaldehyde, glacial acetic acid and ethanol (FAA) at 70%, in the proportion of 0.5:0.5:9, for 48 h and subsequently preserved in 70% ethanol (KRAUS; ARDUIN, 1997). These pieces were analyzed for anatomy, seeking to verify compatibility between tissues in the graft region.

The histological sections were carried out at the Wood Anatomy Laboratory of the Federal University of Lavras (Minas Gerais, Brazil), in the Department of Forestry Sciences, following the Anatomical Description Standard of the IAWA Committee (1989), with adaptations made by Coradin and Muniz (1992). Sections were made in the transverse and longitudinal sections of the tissues with thicknesses ranging from 20 to 35 μm , using a Leica® microtome, model Jung SM2000. The transverse section was made at the base of the graft wedge, and the longitudinal section, perpendicular to the wedge and the bubbling socket, coinciding laterally with the cambium region (MELO *et al.*, 2017). The semi-permanent slides were then mounted using glycerin.

Após a realização das enxertias, os garfos foram protegidos por uma câmara úmida confeccionada com saco plástico transparente amarrado com barbante abaixo da região da enxertia para evitar desidratação (MELO *et al.*, 2017). O barbante foi retirado logo após o início das brotações, e o plástico foi retirado quando os brotos atingiram 7 cm de comprimento, aproximadamente. As fitas utilizadas na enxertia do tipo borbulhia foram retiradas aos 40 dias, e as fitas das enxertias do tipo garfagem foram retiradas aos 90 dias, quando foi observada a união entre os materiais enxertados.

As avaliações de crescimento e desenvolvimento foram realizadas mensalmente, a partir dos 30 dias após a enxertia. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de pegamento (PEG), número de brotos por enxerto (NBE), comprimento de brotos (CB) e diâmetro de brotos (DB).

Para a avaliação da porcentagem de pegamento, foram quantificados o número de enxertos vivos e com brotos e transformados em porcentagem, sendo considerado 'enxerto pego' aquele que estava com os tecidos vivos e com brotos emergidos.

Aos 120 dias após a enxertia, foram coletadas porções caulinares de aproximadamente 2 cm de comprimento acima e abaixo da região da enxertia. Essas porções foram fixadas em formaldeído, ácido acético glacial p.a. e etanol (F.A.A) a 70%, na proporção de 0,5:0,5:9, durante 48 h e, posteriormente, conservadas em etanol 70% (KRAUS; ARDUIN, 1997). Essas peças foram analisadas quanto à anatomia, buscando-se verificar a compatibilidade entre os tecidos na região da enxertia.

Os cortes histológicos foram realizados no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais, Brasil), no Departamento de Ciências Florestais, seguindo o Padrão de Descrição Anatômica do Comitê IAWA (1989), com adaptações feitas por Coradin e Muniz (1992). Foram realizadas cortes nas seções transversais e longitudinais dos tecidos com espessuras variando de 20 a 35 μm , utilizando-se micrótopo Leica®, modelo Jung SM2000. A seção transversal foi feita na base da cunha de enxerto, e a seção longitudinal, perpendicular à cunha e ao encaixe da borbulhia, coincidindo lateralmente com a região do câmbio (MELO *et al.*, 2017). Em seguida foram montadas as lâminas semipermanentes, utilizando-se glicerina.

Sections were clarified in sodium hypochlorite (NaClO) for 5 minutes, washed in distilled water for 30 seconds, and dehydrated sequentially in alcohol (20, 50, and 70%) for 30 seconds. Subsequently, the sections were stained with Safranin and astra blue and then fixed in an ethanol-butyl acetate series (3:1:1:1, 1:3 and 100% butyl acetate); finally, the histological sections were mounted on a glass slide with Entellan®. The permanent slides were then mounted using resin.

The images were collected using photomicrographs, with the aid of a Zeiss® optical microscope, with an attached capture system. After collecting the images, the main anatomical structures were described and the compatibility between graft and rootstock was observed according to the methodology described by Ferreira *et al.* (2020)

For statistical analyses, the assumptions of analysis of variance (ANOVA) were verified, namely: normality, using the Shapiro-Wilk test, and homogeneity of variances, using the Bartlett test. The significance of the time factor was carried out using regression analyses. All statistical analyzes were performed using the R program version 4.2.2 (R CORE TEAM, 2022) and the graphs were created using the ggplot2 package (WICKHAM, 2016) .

RESULTS AND DISCUSSION

It was observed that the interaction between the factors under study was significant for all the evaluated variables ($p \leq 0.01$). The lateral slit grafting (FL) treatment showed no survival of grafts from the onset of evaluations and hence, its results are not presented.

The variables percentage of graft take (PGE), and number of shoots (NB) exhibited quadratic responses over time for budding (BO) ($p \leq 0.05$) (Figures 1A and 1B). This led to grafts achieving peak values of 15.4% for graft take and 1.2 shoots emitted at 93 days after grafting (DAE). On the other hand, full slit grafting (FC) showed a decreasing linear response over time ($p \leq 0.01$) for the same variables.

As seções foram clarificadas em hipoclorito de sódio (NaClO) por 5 minutos, lavadas em água destilada por 30 segundos, e desidratadas sequencialmente em álcool (20, 50 e 70%) durante 30 segundos. Posteriormente, os cortes foram corados com safranina e azul astra e, em seguida, fixadas em uma série de etanol-acetato de butila (3:1:1:1, 1:3 e 100% de acetato de butila); finalmente, as seções histológicas foram montadas em uma lâmina de vidro com Entellan®. As lâminas permanentes foram montadas usando resina.

A coleta das imagens foi feita por fotomicrografias, com auxílio de microscópio óptico Zeiss®, com sistema de captura acoplado. Após a coleta das imagens, foram realizadas a descrição das principais estruturas anatômicas e a observação da compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto conforme metodologia descrita por Ferreira *et al.* (2020).

Para as análises estatísticas, foram verificados os pressupostos da análise de variância (ANOVA), sendo estes: normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk, e homogeneidade de variâncias, pelo teste de Bartlett. A significância do fator tempo, foram realizadas mediante análises de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.2 (R CORE TEAM, 2022) e os gráficos elaborados com o pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que a interação entre os fatores em estudo foi significativa para todas as variáveis avaliadas ($p \leq 0,01$). O tratamento garfagem em fenda lateral (FL) não apresentou sobrevivência de garfos desde o início das avaliações, portanto, não são apresentados seus resultados.

As variáveis porcentagem de pegamento (PGE) e número de brotos (NB) apresentaram respostas quadráticas em função do tempo para borbúlia (BO) ($p \leq 0,05$) (Figuras 1A e 1B). Isso resultou em enxertos que alcançaram pontos máximos de 15,4% de pegamento e 1,2 brotos emitidos em 93 dias após a enxertia (DAE). Por outro lado, a garfagem em fenda cheia (FC) apresentou resposta linear decrescente em função do tempo ($p \leq 0,01$) para as mesmas variáveis.

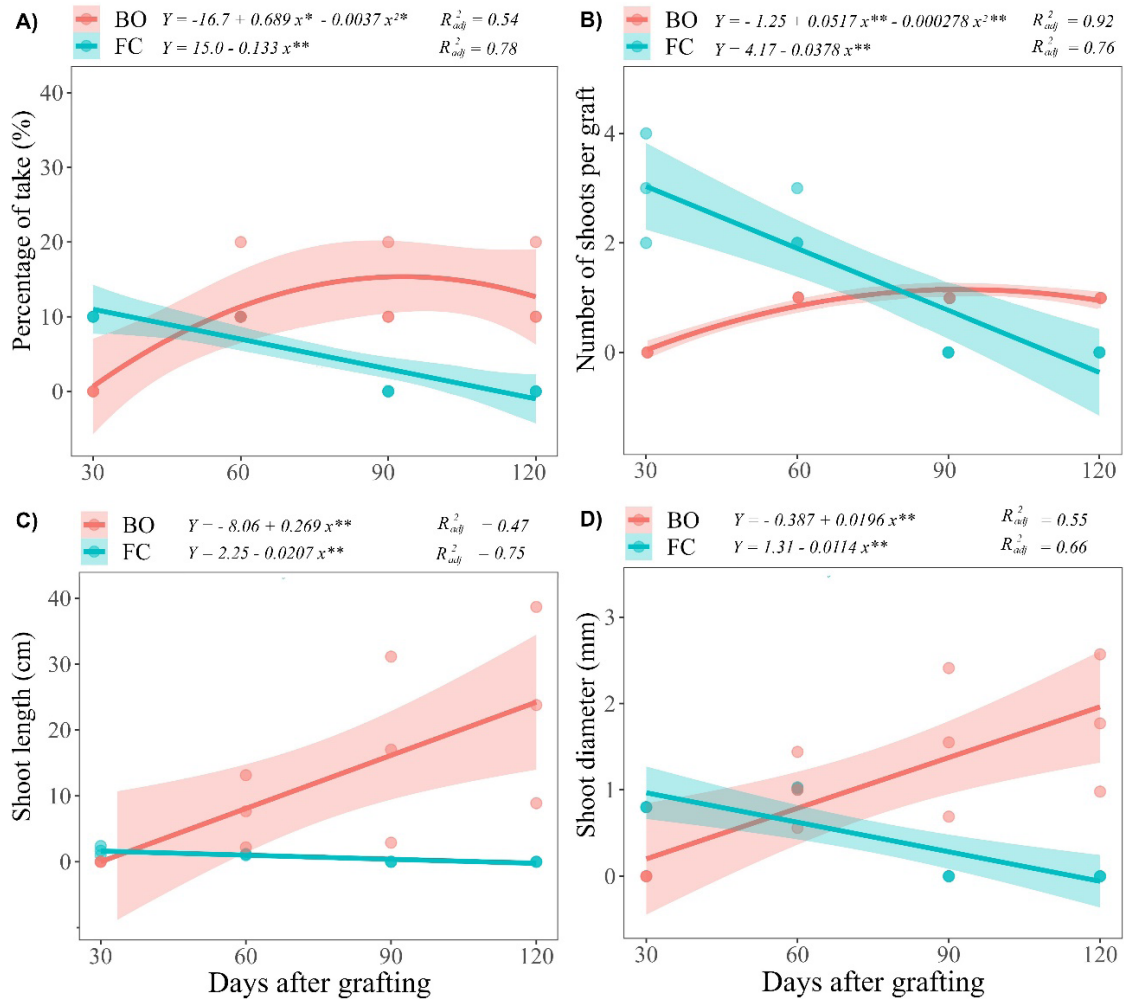


Figure 1 - Percentage of take (A), number of shoots (B), length of shoots (C) and diameter of shoots (D) of *E. stipitata* seedlings as a function of two types of grafting (plate grafting – BO and full slit grafting – FC) over different evaluation periods. Boa Vista – RR.

Figura 1 - Porcentagem de pegamento (A), número de brotos (B), comprimento de brotos (C) e diâmetro de brotos (D) de mudas de araçá-boi em função de dois tipos de enxertia (borbulhia em placa – BO e garfagem em fenda cheia – FC) em diferentes períodos de avaliação. Boa Vista – RR.

The variables shoot length (CB) and shoot diameter (DB) responded linearly over time (Figures 1C and D), with the BO treatment yielding the best results. It achieved averages of 23.8 cm for CB and 1.8 mm for DB, respectively, at 120 days after grafting (DAE). With the application of the FC treatment, a total loss of shoots was observed at 120 DAE, resulting in complete tissue death.

These results are similar to those described by Quevedo Garcia (1995), who reported 100% mortality of grafts with *E. stipitata* using the FC and BO methods evaluated up to 180 DAT. However, the results presented in this work were promising using the bubbling method up to 120 DAT (Figures 1A, 2A and 2D).

As variáveis comprimento de brotos (CB) e diâmetro de brotos (DB) responderam linearmente em função do tempo (Figuras 1 C e D), sendo a BO a de melhor resultado, atingindo médias de 23,8 cm e 1,8 mm para CB e DB, respectivamente, aos 120 DAE. Com o uso do tratamento FC, observou-se perda total dos brotos aos 120 DAE, o que resultou na morte dos tecidos por completo.

Estes resultados são semelhantes aos descritos por Quevedo Garcia (1995), que relatou 100% de mortalidade de enxertos com araçá-boi pelos métodos FC e BO avaliados até os 180 DAT. No entanto, os resultados apresentados neste trabalho mostrou-se promissor pelo método de borbulhia até os 120 DAT (Figuras 1A, 2A e 2D).

In contrast to the results obtained with other species of the genus *Eugenia*, Lattuada *et al.* (2010), working with *E. uniflora* and cherry (*E. involucrata*), reported that propagation by grafting using the CF grafting method was viable for *E. uniflora* (60% set), however, they did not obtain success with *E. involucrata*, which presented 100% mortality. On the other hand, Santoro *et al.* (2022) evaluated cherry tree (*E. involucrata*) grafting in two seasons of the year and found 35 to 50% graft take using the full split method after 120 days of evaluation. The authors observed that in the spring the graft took better shape, differing from the results found in this study. Novelli *et al.* (2020) tested 5 grafting methods on *E. cibrata* and obtained 20% graft survival in cleft grafts (CF).

Regarding the most recent reports on the percentage of take by the grafting method in FC and FL, values of 20% are identified for *Plinia cauliflora*, 21% in *Myrciaria dubia* and 59% in *Psidium guajava* L. (CASSOL *et al.*, 2017 ; VANAJA *et al.*, 2017; PINEDO-PANDURO *et al.*, 2022). Species from the Myrtaceae family commonly present problems in vegetative propagation due to the presence of toxic phenolic compounds that hinder the callus formation processes and the healing of the graft and rootstock union, which can cause tissue death, which results in graft failure. (LATTUADA *et al.*, 2010) .

Em contraste com os resultados obtidos com outras espécies do gênero *Eugenia*, Lattuada *et al.* (2010), trabalhando com Pitangueira (*E. uniflora*) e Cerejeira (*E. involucrata*), reportaram que a propagação por enxertia pelo método de garfagem em FC foi viável para *E. uniflora* (60% de pegamento), no entanto, não obtiveram sucesso com *E. involucrata*, que apresentou 100% de mortalidade. Por outro lado, Santoro *et al.* (2022) avaliaram a enxertia de cerejeira (*E. involucrata*) em duas estações do ano, e encontraram 35 a 50% de pegamento do enxerto utilizando o método de fenda cheia após 120 dias de avaliação. Os autores observaram que na primavera o pegamento do enxerto foi melhor, diferindo dos resultados encontrados neste trabalho. Já Novelli *et al.* (2020) testaram 5 métodos de enxertia em *E. cibrata* e obtiveram 20% de sobrevivência de enxertos em fenda-cheia (FC).

Os mais recentes estudos sobre pegamento pelo método da enxertia, seja por CF ou FL, foram encontrado valores de 20% para jabuticaba (*Plinia cauliflora*), 21% em camu-camu (*Myrciaria dubia*) e 59% em goiabeira (*Psidium guajava*L.) (CASSOL *et al.*, 2017; VANAJA *et al.*, 2017; PINEDO-PANDURO *et al.*, 2022). Espécies da família Myrtaceae comumente apresentam problemas na propagação vegetativa devido à presença de compostos fenólicos tóxicos que dificultam os processos de formação de calos e a cicatrização da união do enxerto e porta enxerto, podendo ocasionar a morte dos tecidos, o que resulta em insucesso da enxertia (LATTUADA *et al.*, 2010).

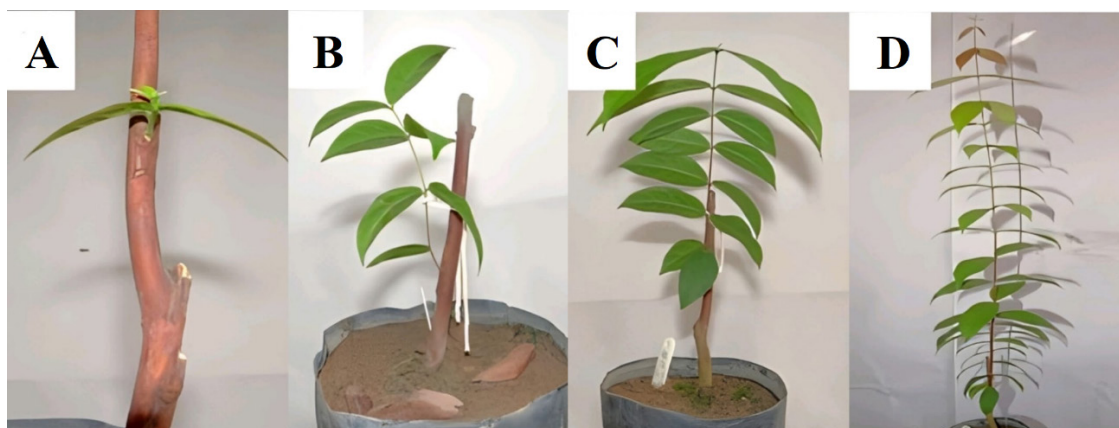


Figure 2 - Development of *E. stipitata* plants grafted by grafting onto a plate. Boa Vista - RR. A: 30, B: 60, C: 90 and D: 120 days after grafting.

Figura 2 - Desenvolvimento de plantas de araçá-boi (*Eugenia stipitata*) enxertadas mediante borbúlia em placa. Boa Vista - RR. A: 30, B: 60, C: 90 e D: 120 dias após enxertia.

Due to the bud and the rootstock being the same species, there is the possibility that *E. stipitata* responds in the same way as other species in the Myrtaceae family. The success of graft sprouting may not be related to compatibility, but may occur due to the reserves contained in the graft itself (MELO *et al.*, 2017; NOVELLI *et al.*, 2020). However, when analyzing the cross-section of the grafting region of *E. stipitata* using the bubbling method (Figure 3A and B), it is observed that there was a connection of the vascular elements between the graft and the rootstock, showing that the low percentage of setting (PEG) may have been caused by other factors, such as the age of the rootstock, the time of grafting, the C/N ratio, phenolic compounds and the activity of the peroxidase enzyme (RODRIGUES *et al.*, 2002; OLIARI *et al.*, 2016; CASSOL *et al.*, 2017; HARTMANN *et al.*, 2017; SANTORO *et al.*, 2022).

Testing different types of grafting for rubber trees, Rocha *et al.* (2018) state that bud grafting can be affected by factors such as: time of grafting, age of the graft donor plant and the diameter of the rootstock.

It is known that graft growth is primarily influenced by the integrity of the vascular connection. Consequently, a greater connecting tissue between the graft tissues results in greater graft growth potential, culminating in the development of vigorous seedlings (MELO *et al.*, 2017; HARTMANN *et al.*, 2017).

The reinforce that many anatomical, physiological, biochemical and molecular factors such as phenolic compounds and the activity of the peroxidase enzyme significantly influence the compatibility between the grafted materials and may have contributed to the incompatibility in the grafting of *E. stipitata* (PEREIRA *et al.*, 2014; PINA *et al.*, 2012).

Devido à borbulhia e o porta-enxerto serem da mesma espécie, existe a possibilidade de que a *E. stipitata* responda igual às outras espécies da família das Myrtaceae. O sucesso da brotação do enxerto pode não estar relacionada com a compatibilidade, mas pode ocorrer devido às reservas contidas no próprio enxerto (MELO *et al.*, 2017; NOVELLI *et al.*, 2020). No entanto, ao analisar a seção transversal da região da enxertia de araçá-boi pelo método de borbulhia (Figuras 3A e B). Observa-se conexão dos elementos vasculares entre o enxerto e o porta-enxerto, mostrando que a baixa percentagem de pegamento (PEG) pode ter sido causada por outros fatores, como: idade do porta-enxerto, época da enxertia, relação C/N, compostos fenólicos e atividade da enzima peroxidase (RODRIGUES *et al.*, 2002; OLIARI *et al.*, 2016; CASSOL *et al.*, 2017; HARTMANN *et al.*, 2017; SANTORO *et al.*, 2022).

Testando diferentes tipos de enxertia para seringueira, Rocha *et al.* (2018) afirmam que a enxertia em borbulhia pode ser afetada por fatores como: época da realização da enxertia, idade da planta doadora da borbulhia e do diâmetro do porta-enxerto.

Sabe-se que o crescimento do enxerto é primordialmente influenciado pela integridade da conexão vascular. Consequentemente, um tecido de ligação maior entre os tecidos do enxerto resulta em maior potencial de crescimento do enxerto, culminando no desenvolvimento de mudas vigorosas (MELO *et al.*, 2017; HARTMANN *et al.*, 2017).

Os fatores anatômicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares como compostos fenólicos e a atividade da enzima peroxidase influenciam de maneira expressiva na compatibilidade entre os materiais enxertados e podem ter contribuído para a incompatibilidade na enxertia de araçá-boi (PEREIRA *et al.*, 2014; PINA *et al.*, 2012).

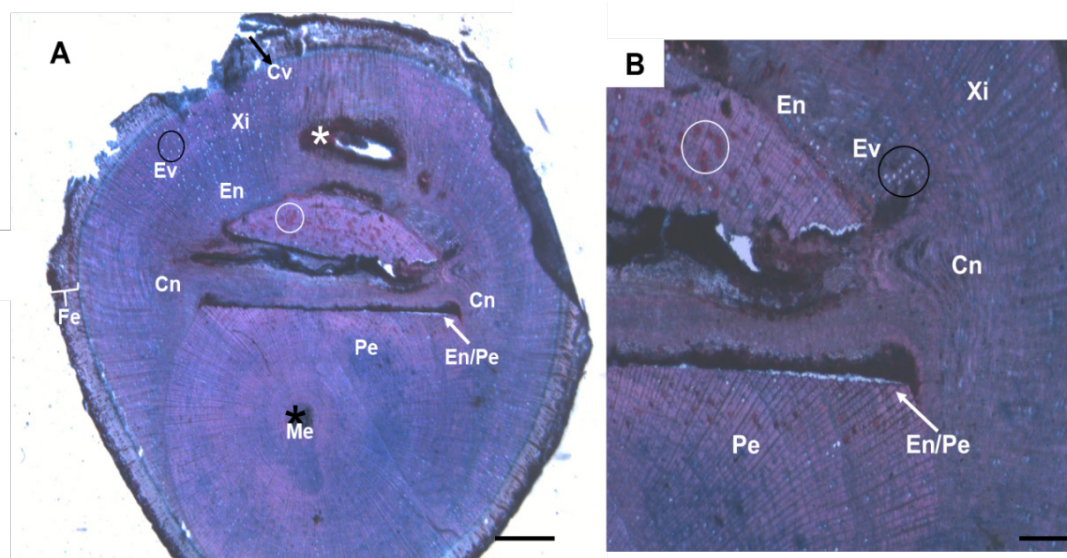


Figure 3 - Cross section of the grafting of *E. stipitata* via bubbling in plate. Boa Vista – RR.

White arrow: graft/rootstock junction (En/Pe). Black arrow: vascular cambium (Cv). Black circle: vessel elements (Ev). White circle: elements of obstructed vessels. White key: outer shell or phellem (Fe). White asterisk: insertion of a node or side branch. Black asterisk: marrow (Me). Cn: vascular connection. En: Graft. Pe: Rootstock. Xi: Xylem. Total magnification: 6.7 x (H); 20 x (B).

Figura 3 - Seção transversal da enxertia de araçá-boi (*Eugenia stipitata*) via borbulhia em placa. Boa Vista- RR.

Seta branca: junção de enxerto/porta-enxerto (En/Pe). Seta preta: câmbio vascular (Cv). Círculo preto: elementos de vasos (Ev). Círculo branco: elementos de vasos obstruídos. Chave branca: casca externa ou felema (Fe). Asterisco branco: inserção de um nó ou ramo lateral. Asterisco preto: medula (Me). Cn: conexão vascular. En: Enxerto. Pe: Porta-enxerto. Xi: Xilema. Ampliação total: 6,7 x (A); 20 x (B).

The difference between a compatible and a non-compatible graft is not yet completely defined. (TELLES *et al.*, 2009). However, symptoms of incompatibility in the grafting process are characterized by anatomical irregularities in the tissue union region and also by flaws in the cambial region and vascular continuity (ZARROUK *et al.*, 2010). In the grafting of *E. stipitata*, no failures were observed in the cambial region, however it was observed that the union of the tissues in the grafting region was not complete, demonstrating that 120 days is not enough to complete the grafting process in this species.

A diferença entre um enxerto compatível e um não compatível ainda não está completamente definida (TELLES *et al.*, 2009). No entanto, os sintomas de incompatibilidade no processo de enxertia são caracterizados por irregularidades anatômicas na região de união dos tecidos e também por falhas na região cambial e na continuidade vascular (ZARROUK *et al.*, 2010). Na enxertia de araçá-boi não se observou falhas na região cambial, porém observou-se que a união dos tecidos na região da enxertia não estava completa, demonstrando que 120 dias não são suficientes para se completar o processo de enxertia nessa espécie.

CONCLUSIONS

The bubble grafting method presents itself as a promising method for the propagation of *E. stipitata*;

There is feasibility in connecting the vascular tissues in the bubbling-on-plate grafting, but it did not reflect on the graft taking rate, meaning there is a need for more days of evaluation of the plants grafted using this method;

Fork-type grafting is not an efficient technique in the vegetative propagation of *E. stipitata*.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), for their support in research, the Postgraduate Program in Agronomy (POSAGRO-UFRR), and Embrapa – Roraima.

CONCLUSÕES

O método de enxertia do tipo borbulhia apresenta-se como um método promissor para a propagação de *E. stipitata*;

Existe viabilidade na conexão dos tecidos vasculares na enxertia do tipo borbulhia em placa, porém não refletiu na taxa de pegamento dos enxertos, havendo necessidade de mais dias de avaliação das plantas enxertadas por este método;

Enxertia do tipo garfagem não é uma técnica eficiente na propagação vegetativa do araçá-boi.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio na pesquisa, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO-UFRR), e à Embrapa – Roraima.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- AMORIM, I. S.; ALMEIDA, M. C. S.; CHAVES, R. P. F.; CHISTÉ, R. C. Technological applications and color stability of carotenoids extracted from selected Amazonian fruits. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.01922>
- ARAÚJO, F. F.; DE PAULO FARIAS, D.; NERI-NUMA, I. A.; DIAS-AUDIBERT, F. L.; DELAFIORI, J.; DE SOUZA, F. G.; CATHARINO, R. R.; DO SACRAMENTO, C. K.; PASTORE, G. M. Chemical characterization of *Eugenia stipitata*: A native fruit from the Amazon rich in nutrients and source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 139, n. November 2020, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109904>
- CASSOL, D. A.; PIROLA, K.; DOTTO, M.; CITADIN, I.; MAZARO, S. M.; JÚNIOR, A. W. Enxertia e espécie de porta-enxerto na propagação de *Plinia cauliflora*. **Ciencia Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140452>
- CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.I.B. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da madeira: Angiospermae e Gimnospermae**. Brasília, Série Técnica: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1992, n.15, 19p.
- FARIAS, T. R. B.; ALVES FILHO, E. G.; CAMPELO, P. H.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Influence of atmospheric and vacuum plasma processing on the organic composition of araçá-boi (*Eugenia stipitata*) juice. **Food Chemistry Advances**, v. 3, n. June, p. 100345, 2023. Elsevier Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100345>
- FERREIRA, C. A.; RIBEIRO, A. D. O.; URBINATI, C. V. Comparative wood anatomy of two tropical species. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 1, n. 1, p. 43, 2020.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L.; WILSON, S. B. **Hartmann & Kester's plant propagation: principles and practices**. 9th ed. ed. New York: Pearson, 2017.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 319-332, 1989.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica ed. Acesso em: 15 ago. 2023, 1997.
- LATTUADA, D. S.; SOUZA, P. V. D. DE; GONZATTO, M. P. Enxertia herbácea em Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1285-1288, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000115>
- MELO, E. T.; PIO, R.; BALBI, R. V.; FERREIRA, C. A.; MORI, F. A. Anatomic compatibility of pear and quince trees grafted on *Pyrus calleryana* and *Chaenomeles sinensis* rootstocks. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 877-886, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017001000007>
- MENDES, A. M. S.; MENDONÇA, M. S. Tratamentos pré-germinativos em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 921-929, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000300035>
- MUDGE, K. ; JANICK, J. ; SCOFIELD, S. ; GOLDSCHMIDT, E. E. A history of grafting. **Horticultural Reviews**, v. 35, p. 437-493, 2009.
- NOVELLI, D.; NETO, S.; SOUZA, L.; SILVA, N. Tipos de estacas, doses de ácido indolbutírico e métodos de enxertia para propagação de *Eugenia cibrata*. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 13, n. e6200, p. 1-8, 2020. DOI: https://doi.org/10.18677/encibio_2017b63
- OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; MAYRINCK, L. G.; DE OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; OTONI, W. C.; SCHMILDT, E. R.; AOYAMA, E. M.; ALEXANDRE, R. S. Mini-grafting of adult *Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa Deg. scions onto vegetatively propagated adult rootstocks of *P. mucronata* Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 490-496, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.04.p7156x>
- ORTIZ, D.; MORENO, F.; DÍEZ, M. C. Photosynthesis, growth, and survival in seedlings of four tropical fruit-tree species under intense radiation. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 1, p. 1-9, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202000752>

- PEREIRA, I. S.; FACHINELLO, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; CAMPOS, Â. D.; PINA, A. Graft incompatibility in prunus. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 9, p. 1519-1526, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131074>
- PINA, A.; ERREA, P.; MARTENS, H. J. Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata in compatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. **Scientia Horticulturae**, v. 143, p. 144-150, 2012. Elsevier B.V. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.017>
- PINEDO-PANDURO, M.; ALVES-CHAGAS, E.; CHAGAS, P.; INJERTACION DEL CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) POR PÚA TERMINAL. **Folia Amazónica**, v. 31, n. 2, p. 201-212, 2022. Disponível em: <<https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/579>>. .
- QUEVEDO GARCIA, E. Aspectos agronómicos sobre el cultivo del arazá (*eugenia stipitata* me vaugh) Frutal promisorio de la amazonia colombiana. **Agronomia Colombiana**, v. 12, n. 1, p. 27-65, 1995.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. , 2022. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. .
- REYES-ALVAREZ, C. A.; GAMBOA-SANTOS, J.; LANARI, M. C. Optimization of the processing conditions for producing osmo-dehydrated arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) and evaluation of its antioxidant content and activity. **Journal of Berry Research**, v. 12, n. 2, p. 149-164, 2022.
- ROCHA, K. B.; ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, A. N. Grafting methods for production of rubber tree seedlings in suspended nursery. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 46, n. 120, p. 646-656, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v46n120.13>
- RODRIGUES, A. C.; DINIZ, Â. C.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. B.; FARIA, J. L. C. Peroxidases e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus* sp. nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciencia Rural**, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.
- SACRAMENTO, C. K.; BARRETTO, W. S.; FARIA, J. C. Araçá boi: uma alternativa para agroindústria. **Revista Bahia Agrícola**, v. 8, n. 2, p. 22-24, 2008. Bahia Agrícola.
- SANTORO, M. B.; AMARAL BROGIO, B.; FORTE, M. J.; SOARES, M. R. R.; COLLUSSO, G. T.; JACOMINO, A. P.; DA SILVA, S. R. Vegetative multiplication of the Atlantic Rainforest species *Eugenia involucrata*. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 57, n. e02921, p. 1-7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2022.V57.02921>
- SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; TOSTES, N. V.; SILVA, F. O. R.; LETICIA GABRIELA FERREIRA DE ALMEIDA. Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* mcvaugh) em Lavras – MG. **Enciclopédia Biosfe**, v. 14, p. 167-180, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18677/EnciBio>
- STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; XAVIER, A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 985-1002, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000900002>
- TELLES, C. A.; BIASI, L. A.; MINDÊLLO NETO, U. R.; DESCHAMPS, C. Fenóis totais, peroxidase e suas relações com a compatibilidade de mudas de pessegueiro interenxertadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 86-91, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-70542009000100012>
- TOKAIRIN, T. O.; SILVA, A. P. G.; SPRICIGO, P. C.; DE ALENCAR, S. M.; JACOMINO, A. P. Cambuci: A native fruit from the brazilian atlantic forest showed nutraceutical characteristics. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018666>
- TRUEMAN, S. J.; MCMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, v. 44, n. 2, p. 265-279, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9315-y>

VANAJA, L.; SWAMI, D. V.; KUMAR, B. P.; SUBBARAMAMMA, P. Effect of Grafting Time on Growth and Success Rate of Guava (*Psidium guajava* L.) Wedge Grafts Grown under Shade Net and Poly House Conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 10, p. 771-779, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.093>

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. New York.: Springer-Verlag, 2016.

ZARROUK, O.; TESTILLANO, P. S.; RISUEÑO, M. C.; MORENO, M. Á.; GOGORCENA, Y. Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers for early detection of graft incompatibility in peach/plum combinations. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 135, n. 1, p. 9-17, 2010. DOI: <https://doi.org/10.21273/jashs.135.1.9>