Effect of cutting type, number and area of leaves on rooting of *Psidium cattleyanum* Sabine.

Jefter da Silva Muniz1

Angela Cristina Ikeda2

Giovana Bomfim de Alcântara3

Vegetative Propagation of Araçá

Brazil is the world’s third largest producer of *Psidium cattleyanum* Sabine. (araçá, in Portuguese). Its fruits may be fresh consumed and used for many products. The aim of this study is to investigate aspects of vegetative propagation of the araçá. We tested the effect of origin of the cuttings, basal or apical; the number of leaves, two or four; and the leaf area, complete or reduced by half. The experiment was conducted in the nursery, in random experimental design totaling 640 cuttings treated with indolebutyric acid (IBA) 1000 mg L-1. They were kept in the greenhouse with a relative humidity of 90% ±5% and a temperature of 25ºC ±2ºC for 60 days. We found means of 89,38% of survival; 26,25% of rooting and 58,13% of callus. We conclude that vegetative propagation is possible for araçá and there are significant results for apical cuttings lightening the maintenance of two or four completed leaves .

Keywords: araçá, apical cutting, basal cutting, vegetative propagation.

**Highlights**

Pesquisas em biotecnologia florestal elucidam fatores que afetam a produtividade vegetal.

O Brasil explora pouco as espécies frutíferas nativas.

O araçá é uma espécie nativa de grande potencial econômico e ambiental.

A propagação vegetativa é uma alternativa para a produção de mudas de araçá.

A estaquia é uma técnica que permite melhorar a produtividade de espécies florestais.

**Introdução**

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo e, apesar da extensa área produtiva e grande diversidade, o aproveitamento de espécies nativas nos cenários econômico e ambiental (Andrade, 2020) é perceptivelmente limitado. Uma espécie em potencial é o Ps*idium cattleyanum* Sabine, também conhecido como araçá. Seus frutos podem ser consumidos *in natura* ou usados em produtos para consumo humano e de interesse industrial. Além disso, sua madeira pode ser amplamente utilizada na confecção de mobiliários, lenha e carvão (Bezerra *et al.,* 2006).

Apesar de seu valor econômico e ambiental, o cultivo de araçá ocorre em escala regional, e a carência de estudos na área de propagação vegetativa que viabilizam a produção de mudas em escala comercial afeta a produção expressiva de mudas e a homogeneidade de plantios. Assim, alternativas de propagação da espécie para plantios em escala comercial estão sendo investigadas. Uma dessas alternativas é a estaquia, técnica de propagação vegetativa que permite a captura de genótipos superiores e multiplica indivíduos resistentes e bem adaptados a sítios específicos (Wendling, 2003).

O sucesso dessa técnica depende da taxa de enraizamento das estacas e de fatores como as idades ontológica (Assis, 1997), cronológica (Ribeiro, 1993) e fisiológica (Xavier, Wendling & Silva, 2009) do material vegetal. O envelhecimento da planta está intrinsecamente ligado à concentração tecidual dos hormônios vegetais, e o principal grupo de fitohormônios envolvidos no enraizamento é o das auxinas (Hartmann *et al*., 2011). As auxinas são sintetizadas nas gemas apicais e translocadas para a base da planta, e diferentes concentrações de auxina exógena podem estimular o enraizamento até certo limiar (Dias *et al*., 2012).

Além de fatores endógenos, fatores externos, como umidade e temperatura, também podem influenciar o enraizamento. O aumento da temperatura resulta em maiores taxas de transpiração e divisão celular, com brotação de gemas antes do enraizamento (Fachinello, Hoffmann & Nachtigal, 2005). O tamanho da área foliar auxilia no controle da transpiração, na síntese de auxinas e na fotossíntese, contribuindo para o enraizamento e o suprimento da muda (Souza *et al*., 2020).

Algumas espécies lenhosas apresentam um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore (Oliveira, 2003). Fachinello, Hoffmann e Nachtigal (2005) destacam que estacas lenhosas basais apresentam melhores resultados de enraizamento devido à relação favorável de carbono, nitrogênio e pré-formação de raízes iniciais. Para estacas semilenhosas, o uso da porção apical é mais recomendado por conta da síntese de auxinas promotoras do enraizamento e da menor diferenciação dos tecidos.

Zietemann e Roberto (2007) apontam desempenho superior de enraizamento para estacas herbáceas ou apicais de goiabeira (*Psidium guajava* L.), enquanto Hanson (1978) destaca que estacas com baixo grau de lignificação possuem melhor resposta ao tratamento com ácido indolbutírico (AIB). Tavares, Kersten & Siewerdt (1995) encontraram maior formação de calos em estacas medianas devido à concentração superior de substâncias endógenas promotoras de enraizamento, reiterando a existência de um limite tênue entre promoção e inibição inerente à aplicação de auxinas.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o enraizamento de estacas de araçá sob três aspectos: posição apical ou basal, número de folhas (duas ou quatro) e área foliar completa ou reduzida pela metade.

**Methodology**

O experimento foi instalado no viveiro do Laboratório de Biotecnologia Florestal (BiotecFlor) do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná (UFPR), localizado no *campus* Jardim Botânico, nas coordenadas 25º24’44” latitude sul e 49º16’03” longitude oeste. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima no local é do tipo Cfb, temperado com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca, e pluviosidade com média anual de 1390 mm. O experimento foi conduzido no mês de maio, durante o outono.

Foram coletadas brotações de minicepas do jardim clonal para a confecção de estacas que passaram por desinfestação superficial com hipoclorito de sódio a 0,5% durante 10 minutos e lavagem em água corrente por mais 10 minutos. As estacas foram padronizadas em 5 cm de comprimento, com corte da base em bisel, e submergidas em solução de AIB 1000 mg L-1 por 10 segundos para serem estaqueadas na sequência.

As minicepas provedoras de brotações são provenientes de estaquia realizada em diferentes estações do ano: verão, outono e inverno. Portanto, a idade na época de coleta era de 14, 11 e 8 meses, respectivamente.

Foram testadas a posição da estaca (basal ou apical), a quantidade de folhas (duas ou quatro folhas) e a área foliar (folhas inteiras ou reduzidas à metade), totalizando oito tratamentos (2 x 2 x 2). As estacas foram colocadas em tubetes plásticos de 55 cm³ contendo substrato Forth®, composto por casca de pinus decomposta, cinzas e sulfato de cálcio. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e 20 plantas por parcela (8 x 4 x 20).

As estacas permaneceram na casa de enraizamento por 60 dias, com umidade relativa do ar em torno de 90% e temperatura de 25 ± 2º C. Após esse período, as seguintes variáveis foram avaliadas: sobrevivência, enraizamento, formação de calos, número de raízes por estaca, comprimento das três maiores raízes e massas fresca e seca. A massa fresca foi mensurada em balança de precisão e as estacas foram armazenadas em embalagens de papel em estufa de secagem a 37 ºC por 72 horas. Posteriormente, foram novamente pesadas para obtenção dos valores de massa seca. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística no programa Sisvar® (Ferreira, 2000).

**Resultados**

**Todos os tratamentos apresentaram** enraizamento das estacas. A média de porcentagem de enraizamento variou de 10,00% a 45,00%, com média geral de 26,25%. A média do número de raízes variou de 1,58 a 3,67, com média geral de 2,69. A média do comprimento das três maiores raízes variou de 0,33 cm a 1,98 cm, com média geral de 1,28 cm. Estacas de porção apical com quatro folhas inteiras apresentaram a maior média de enraizamento (45,00%), bem como maior média no número de raízes (3,67). Para o comprimento das três maiores raízes, as melhores respostas foram verificadas com os tratamentos com estacas apicais com duas folhas inteiras (1,98).

As médias de cada tipo de estaca, de acordo com a origem basal ou apical, indicam que as estacas provenientes da porção apical apresentam desempenho significativo para as variáveis porcentagem de enraizamento e número de raízes formadas. A média de comprimento das três maiores raízes também se destaca para a origem apical das estacas, mas sem diferença estatística significativa (Tabela 1). Estacas com duas ou quatro folhas inteiras e com quatro folhas reduzidas à metade apresentaram desempenho significativo na formação e no comprimento das três maiores raízes*.* Para o número de raízes, não houve diferença significativa (Tabela 2).

Uma diferença significativa para a porcentagem de enraizamento em função dos fatores de posição da estaca e número de folhas e área foliar foi verificada. O número de raízes apresentou significância apenas para o fator posição da estaca, e o comprimento das três maiores raízes apenas para o fator número de folhas e área foliar. Não houve interação significativa entre os fatores (Tabelas 1 e 2).

A média geral de sobrevivência é de aproximadamente 90% e não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 1). Todos os tratamentos apresentaram sobrevivência acima de 80% e, mesmo sem diferença estatística, as maiores porcentagens de sobrevivência são as de estacas de origem basal, com média geral de 91,25%, e de 87,50% para estacas apicais. Quanto ao número de folhas e área foliar, o tratamento com duas folhas reduzidas à metade apresentou média de sobrevivência de 83,75%. O tratamento com duas folhas inteiras apresentou 91,25%, enquanto o tratamento com quatro folhas reduzidas à metade apresentou 81,25% e o com quatro folhas inteiras, 94,58%.

As médias de porcentagem de calos variou entre 35,00% e 70,00%, com média geral de 58% entre os tratamentos, sem diferença estatística (Figura 1). Para a calogênese, as estacas apicais apresentaram média de 61,88% e as basais de 54,38%. Quanto ao número de folhas e área foliar, o tratamento com duas folhas reduzidas à metade apresentou média de calogênese de 45,63%, o com duas folhas inteiras apresentou 65,63%, o com quatro folhas reduzidas à metade apresentou 52,50% e o com quatro folhas inteiras, 63,33%.

Para os dados de massas fresca e seca das estacas enraizadas, houve diferença significativa entre os tratamentos, bem como interação entre os fatores posição da estaca e número de folhas e área foliar. Os valores de massa fresca variaram de 0,70 a 2,17, enquanto os de massa seca variam de 0,26 a 0,84 gramas (Tabela 3). Os maiores valores de massa fresca e seca foram observados no tratamento de estacas basais com duas folhas inteiras (2,17 g e 0,84 g), próximos ao tratamento de estacas com quatro folhas inteiras (1,92 g e 0,75 g). Entre as estacas apicais, o tratamento de quatro folhas inteiras com 1,81 g para massa fresca e 0,72 g para massa seca (Tabela 3) se destaca.

**Discussão**

Alguns estudos com *P. cattleyanum* apontam dificuldades para o enraizamento de estacas da espécie. Bezerra *et al.* (2006) observam que, mesmo com aplicação de AIB, foram obtidos percentuais inferiores a 3% de enraizamento. Já Nachtigal *et al*. (1994) encontraram taxas de 69,6% com estacas de 12 cm de comprimento, um par de folhas cortadas ao meio, sem meristema apical e tratadas com AIB na concentração de 2000 mg L-1. Em nosso estudo, os maiores valores encontrados foram de 45,00% e 43,75% para enraizamento, o que indica caminhos favoráveis para o aprimoramento da técnica de estaquia para a espécie.

Os maiores valores de enraizamento, de número médio de raízes e de comprimento das três maiores raízes foram observados para estacas apicais (Tabela 1). Resultados promissores podem ser observados em estacas com essa origem, pois possuem consistência herbácea, enquanto estacas menos lignificadas apresentam melhor resposta ao AIB (Hanson, 1978). Assim, outras características responsáveis por esse desempenho são o menor grau de lignificação e de diferenciação dos tecidos, que favorecem a rápida emissão de raízes.

Resultados interessantes são observados na utilização de estacas herbáceas em outras Myrtaceae, como para a cultivar Paluma de P. *guajava*, para a qual Tavares, Kersten & Siewerdt (1995) observaram maior porcentagem de enraizamento e número de raízes em estacas apicais. Kersten & Ibañez (1993) relatam maior tendência de enraizamento em estacas de goiabeira provenientes da porção apical, atribuindo o achado ao maior teor de aminoácidos totais presentes. Em jabuticabeiras (*Plinia cauliflora* L.),  Duarte, Huete & Lüdder (1997) observaram 60% de enraizamento em estacas herbáceas tratadas com 1000 mg L-1 de AIB e mantidas em câmara de polietileno hermeticamente fechada com sombreamento em 50%. Em *Plinia jaboticaba,* Scarpare Filho *et al.* (1999) e Pereira *et al*. (2005) observaram enraizamento entre 30 e 40% com o mesmo tipo de estaca.

Valores de enraizamento e comprimento das três maiores raízes foram proeminentes em estacas com maior quantidade de folhas e área foliar (Tabela 2). A presença de folhas nas estacas proporciona a maior atividade dos níveis de cofatores para a formação de raízes e cicatrização. Aliado a isso, ocorre menor conteúdo de inibidores, como descrevem Fachinello, Hoffmann & Nachtigal (2005). Além disso, o papel desempenhado pelas folhas no suprimento das estacas para produção de carboidratos e na síntese de auxinas também é importante (Hartmann *et al*., 2011). Também destacamos que o aspecto da perda hídrica não foi determinante para o enraizamento, possivelmente devido à adequação das condições extrínsecas às estacas.

Sasso, Citadin & Danner (2010) destacam que a presença de folhas em estacas herbáceas de jaboticaba favoreceu a formação de calos e o enraizamento. Para as estacas lenhosas, entretanto, esse fator não teve efeito significativo. Côrrea & Biasi (2003) relatam que para cipó-mil-homens (*Aristolochia triangulares*), a presença de folhas foi importante para o sucesso da estaquia. Observamos porcentagens de 69% e 46% em estacas com folhas inteiras e cortadas ao meio, respectivamente, e apenas 6% em estacas sem folhas. Lima (2001) observou, na estaquia de guaco (*Mikania glomerata*), que a porcentagem de enraizamento aumentou à medida que a área foliar era maior, com porcentagem máxima de enraizamento (92,5%) em estacas de 100 cm² de área foliar e mínima em estacas sem folhas (11,25%), nas quais foi observada a menor média de raízes formadas. Biasi, Pommer & Pino (1997) também observaram um estímulo ao enraizamento e formação de raízes em estacas de videira com folhas, ainda que com pequena área (25 cm²), destacando novamente a ausência de enraizamento em estacas sem folhas.

Os resultados de sobrevivência, mortalidade e calogênese não mostram diferença estatística entre os tratamentos. As maiores porcentagens foram observadas em estacas de origem basal. Portanto, é possível destacar a lignificação como fator importante para regulação hídrica e, consequentemente, para a manutenção da estaca na casa de vegetação. Contudo, a menor porcentagem de sobrevivência foi obtida com estacas dessa mesma origem, o que aponta para outro fator: o número de folhas e a área foliar.

É possível notar que os maiores percentuais de sobrevivência são de tratamentos com quatro folhas, sendo os três maiores percentuais de tratamentos com folhas inteiras. Desta forma, é evidente a necessidade de suprimento para a produção de carboidratos por fotossíntese, sendo que as taxas superiores provavelmente ocorrem nesses tratamentos por conta da maior quantidade de folhas. Outro fator importante é a regulação hídrica pelos estômatos, presentes em menor quantidade nos tratamentos com menos folhas e menor área foliar, influenciando na retenção hídrica das estacas e, portanto, na taxa de sobrevivência entre os tratamentos. Fachinello, Hoffmann & Nachtigal (2005) destacam que as condições extrínsecas à estaca podem ser fatores determinantes para sua sobrevivência ou mortalidade. Côrrea & Biasi (2003) observaram maior mortalidade (61%) em estacas sem folhas de cipó-mil-homens. Já as estacas com folhas inteiras e cortadas ao meio apresentaram sobrevivência de 95% e 96%, respectivamente. Nachtigal *et al*. (1994) observaram que o aumento de concentrações de AIB gera fitotoxidez, levando à queda de folhas e posterior morte das estacas em *P. cattleyanum*.

Neste experimento, apesar de não ser observada a diferença estatística para a variável calogênese, os maiores valores numéricos foram encontrados em estacas de origem apical e com folhas inteiras. Sasso, Citadin & Danner (2010) observaram que apenas as estacas herbáceas de *P. cauliflora* com folhas formaram calo ou enraizaram. Tavares, Kersten & Siewerdt (1995) ressaltam maior formação de calos em estacas medianas por conta de concentrações superiores de substâncias endógenas promotoras do enraizamento. Dessa forma, fica evidente a importância da função desempenhada pelas folhas quanto ao suprimento nutricional para o desenvolvimento da estaca e o aspecto de menor diferenciação dos tecidos em estacas herbáceas, o que favorece a rapidez para a formação de calos ou emissão de raízes. A região de origem da formação dos calos também é um aspecto interessante. Enquanto estacas apicais apresentaram formação de calos no caule, em estacas basais as evidências aparecem no caule e na região do corte da estaca, mais precisamente a partir da medula (Figura 2).

Valores superiores para massa fresca e massa seca foram obtidos nos tratamentos com  área foliar íntegra (Tabela 3). Isso ocorre porque há uma maior quantidade de matéria presente e maior possibilidade de assimilados via fotossíntese. Essa condição está associada principalmente à porção basal, mais lignificada e consequentemente com maior quantidade de matéria. Em contrapartida, os menores valores foram encontrados no tratamento com estacas provenientes da porção apical com apenas duas folhas reduzidas à metade. Côrrea & Biasi (2003) descrevem que, em estacas de cipó-mil-homens, valores de massa fresca e seca aumentaram em concordância com o aumento da área foliar, apontando para a proporção direta entre desenvolvimento de raízes e área fotossintética da estaca.

Como pode ser observado na Figura 3, o tratamento com estacas basais e duas folhas inteiras apresentou maior sobrevivência; o tratamento de estacas apicais e quatro folhas inteiras, maior porcentagem de enraizamento; e o tratamento de estacas apicais com duas folhas inteiras, maior porcentagem de calogênese. A importância da manutenção de área foliar é evidente, mas como apenas as porcentagens de enraizamento apresentaram diferença significativa, estacas apicais são mais promissoras para formação de mudas em  *P. cattleyanum*.

**Conclusions**

A propagação vegetativa por estaquia é viável em *P. cattleyanum* Sabine. com resultados significativos usando-se estacas da porção apical, e mais promissores quando mantidas de duas a quatro folhas inteiras.

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de fornecer informações que explorem o potencial de produção de mudas de araçá e de outras espécies nativas. Recomendamos estudos futuros sobre os diferentes fatores que possam influenciar no enraizamento da espécie a partir dos resultados já encontrados.

**Agradecimentos**

The authors would like to thank the Academic Publishing Advisory Center (*Centro de Assessoria de Publicação Acadêmica*, CAPA – [www.capa.ufpr.br](http://www.capa.ufpr.br/)) of the Federal University of Paraná (UFPR) for assistance with English language translation and developmental editing.

**Contribuição por autor**

Jefter da Silva Muniz. Aluno do curso de Engenharia Florestal e autor do undergraduate thesis que gerou os dados deste artigo. Participou da execução e acompanhamento do experimento, coleta e curadoria dos dados e da redação do rascunho original do trabalho.

Angela Cristina Ikeda. Coautora e técnica do laboratório onde foi desenvolvida a monografia. Participou do acompanhamento do experimento e da coleta de dados, da redação do rascunho original, da revisão e edição do trabalho final.

Giovana Bomfim de Alcântara. Coautora orientadora do TCC. Participou da idealização do experimento, da redação do rascunho original, da revisão e edição do trabalho final, da administração e aquisição dos recursos do projeto.

**Referências Bibliográficas**

**Tabelas e Figuras**

Tabela 1 – Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e comprimento das três maiores raízes de *Psidium cattleyanum* Sabine provenientes das posições basal e apical.

| **Tratamentos** | **Enraizamento (%)** | **Número de raízes** | **Comprimento das três maiores raízes (cm)** |
| --- | --- | --- | --- |
| Base | 18,75 B | 2,15 B | 1,09 A |
| Ápice | 33,75 A | 3,00 A | 1,47 A |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e comprimento das três maiores raízes de *Psidium cattleyanum* Sabine com duas e quatro folhas e áreas foliares inteira ou reduzida à metade.

| **Tratamentos** | **Enraizamento (%)** | **Número de raízes** | **Comprimento das três maiores raízes (cm)** |
| --- | --- | --- | --- |
| Duas folhas reduzidas à metade | 11,88 B | 1,76 A | 0,33 B |
| Duas folhas inteiras | 31,88 A | 2,54 A | 1,38 A |
| Quatro folhas reduzidas à metade | 32,50 A | 2,82 A | 1,69 A |
| Quatro folhas inteiras | 30,00 AB | 3,10 A | 1,72 A |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Resultados da comparação de médias para massas fresca e seca das estacas com formação de raízes de *Psidium cattleyanum* Sabine. proveniente da interação entre os fatores: posição de origem da estaca e número de folhas e área foliar.

| **Tratamentos** | **Massa fresca (g)** | | **Massa seca (g)** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Base** | **Àpice** | **Base** | **Ápice** |
| Duas folhas reduzidas à metade | 1,16 bc A | 0,70 b A | 0,42 bc A | 0,26 b A |
| Duas folhas inteiras | 2,17 a A | 0,99 b B | 0,84 a A | 0,39 b B |
| Quatro folhas reduzidas à metade | 0,76 c B | 1,29 ab A | 0,28 c B | 0,52 ab A |
| Quatro folhas inteiras | 1,92 ab A | | 1,81 a A | | --- | | 0,75 ab A | 0,72 a A |

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical para número de folhas e área foliar, e médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, para posição de origem da estaca, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1 – Médias de sobrevivência, mortalidade, enraizamento e calogênese para os oito tratamentos avaliados na estaquia de *Psidium cattleyanum* Sabine. Curitiba - PR.

Tratamento 1: estacas basais com duas folhas reduzidas à metade; Tratamento 2: estacas apicais com duas folhas reduzidas à metade; Tratamento 3: estacas basais com duas folhas inteiras; Tratamento 4: estacas apicais com duas folhas inteiras; Tratamento 5: estacas basais com quatro folhas reduzidas à metade; Tratamento 6: estacas apicais com quatro folhas reduzidas à metade; Tratamento 7: estacas basais com quatro folhas inteiras; Tratamento 8: estacas apicais com quatro folhas inteiras.

Figura 2 – Regiões de formação de calos nas estacas de *Psidium cattleyanum* Sabine provenientes das posições basal e apical, com duas e quatro folhas e área foliar inteira ou reduzida à metade.

Estacas com formação de calos. a) calo formado no caule de estaca apical; b) calo formado no caule de estaca basal; c) calo formado no caule de estaca basal; d) calos formados a partir da medula em estacas basais. Escala 1:1.