

## Desenvolvimento de indivíduos juvenis de *Copaifera sp.* submetidos a tratamentos de formação de bonsai

Bianca Cerqueira Martins<sup>1\*</sup>, Eline da Silva Ramos<sup>2</sup>, Francesca Salla<sup>1</sup>, Augusto César Gomes Nagy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor(a) da Universidade Federal do Acre, Centro Multidisciplinar, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

<sup>2</sup>Discente da Universidade Federal do Acre, Curso de Engenharia Florestal, Centro Multidisciplinar, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. \*[bianca.martins@ufac.br](mailto:bianca.martins@ufac.br)

Recebido em: 01/09/2025 Aceito em: 12/02/2026 Publicado em: 20/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.8.1-10>

### RESUMO

Diante da crescente busca por espécies nativas com potencial ornamental e adaptabilidade ao cultivo em restrição espacial e controle morfológico, este estudo avaliou o desenvolvimento morfológico de indivíduos juvenis de *Copaifera sp.* submetidos a técnicas de formação de bonsai (poda apical, poda radicular e aramação), ao longo de 12 meses. Foram mensurados parâmetros dendrométricos como diâmetro do fuste (Df), altura até a bifurcação (Hf), altura total (Ht), comprimento radicular (Rz) e número de folhas podadas (Fo). A taxa de sobrevivência foi de 66,7%, com evidência de regeneração em 13,3% dos indivíduos. Observou-se forte correlação entre Df e Hf ( $r^2 = 0,883$ ), indicando crescimento proporcional. Na Análise de Componentes Principais (ACP) 86,67% da variância foi explicada pelos dois primeiros eixos CP1 e CP2, corroborando a relação entre Df e Hf e o porte final dos bonsais (Ht). As técnicas aplicadas foram eficazes em restringir a elongação e preservar o vigor estrutural, reforçando o potencial da *Copaifera sp.* como espécie ornamental adaptável à condução de bonsai e promissora para estudos futuros sobre produção de oleoresina em condições de cultivo restrito *ex situ*.

**Palavras-chave:** Árvores folhosas nativas. Copaíba. Domesticação. Plantas ornamentais.

## Development of *Copaifera sp.* seedlings subjected under bonsai formation treatments

### ABSTRACT

Given the growing interest in native species with ornamental potential and adaptability to cultivation under spatial restriction and morphological control, this study evaluated the morphological development of juvenile *Copaifera sp.* individuals subjected to bonsai formation techniques (apical pruning, root pruning, and wiring) over a 12-month period. Morphometric parameters were measured, including stem diameter (Df), height to the first bifurcation (Hf), total height (Ht), root length (Rz), and number of pruned leaves (Fo). The survival rate was 66.7%, with evidence of regeneration in 13.3% of the individuals. A strong correlation was observed between Df and Hf ( $r^2 = 0.883$ ), indicating proportional growth. In the Principal Component Analysis (PCA), 86.67% of the variance was explained by the first two axes (PC1 and PC2), corroborating the relationship between final diameter (Df), final height (Hf), and the ultimate size of the bonsais (Ht). The applied techniques proved effective in restricting elongation and preserving structural vigor, reinforcing the potential of *Copaifera sp.* as an ornamental species suitable for bonsai cultivation and promising for future studies on oleoresin production under *ex situ* restricted conditions.

**Keywords:** Native broadleaf trees. Copaiba. Domestication. Ornamental plants.

## INTRODUÇÃO

A floresta amazônica, além de patrimônio nacional (BRASIL, 1988), é um imenso reservatório de inúmeras espécies vegetais, várias delas com um grande potencial para serem utilizadas como plantas ornamentais, além dos incontáveis constituintes químicos que lhes conferem potencial para uso medicinal.

Nesse contexto, ao considerar o potencial ornamental das espécies amazônicas, se reconhece que é algo muito concentrado em plantas de pequeno porte, especialmente o uso doméstico e paisagístico. De acordo com Salomão e Rosa (2024), alguns atributos bioecológicos são indicadores das boas características para uso ornamental tais como: altura total, forma da copa, tipo de floração e folhagem, capacidade decídua, longevidade, tipo de sistema radicular, entre outros.

Entre as espécies que se sobressaem nesse cenário, destacam-se as do gênero *Copaifera* L., que pertence à família botânica Leguminosae e subfamília Detarioideae (AZANI et al., 2017). Esse possui árvores frondosas, amplamente distribuídas em regiões tropicais, e com grande relevância ecológica, medicinal e econômica devido à oleorresina obtida do interior dos seus troncos (ARRUDA et al., 2019; TRINDADE et al., 2018).

Apesar de sua relevância ecológica e econômica, ainda são escassos estudos sobre seu desenvolvimento inicial e resposta a diferentes técnicas de manejo, e são desconhecidos estudos sobre o uso desse gênero como bonsai. Assim, o desenvolvimento de seus indivíduos jovens, quando submetidos a tratamentos de formação de bonsai, significa atuar na interface entre a morfofisiologia vegetal e a arte do cultivo de árvores em miniatura.

Segundo Sodré et al. (2019), a plasticidade fenotípica corresponde à capacidade de um organismo modificar seu fenótipo em resposta às variações ambientais. Sendo que, a maioria das espécies vegetais consegue se ajustar para sobreviver em ambientes dinâmicos (LIMA et al., 2010), tais respostas podem envolver aclimatação de curto ou longo prazo (WALTER et al., 2015). Costa et al. (2012) investigaram a plasticidade morfológica de *C. langsdorffii* em diferentes fitofisionomias no Sul de Minas Gerais, analisando variáveis biométricas como diâmetro, altura e área da copa. Os autores concluíram que a espécie apresenta gradiente de plasticidade morfológica, com indivíduos de floresta investindo mais em altura do que em diâmetro, embora a forma do fuste se mantenha semelhante entre os ambientes.

Considerando-se tais aspectos, a prática de formação de bonsai surge como uma alternativa. Essa prática, originada há milênios na China e consolidada no Japão, consiste

na miniaturização de árvores por meio de técnicas como podas sucessivas, modelagem, replantio, adubação e controle de pragas e doenças, que alteram a morfofisiologia e a morfologia da planta (RATTO, 2001). Sua aplicação em espécies tropicais nativas, como as de *Copaifera*, representa uma oportunidade de avaliar sua plasticidade fenotípica e aclimatação em condições de estresse controlado, bem como inovar, aliando ornamentação e a obtenção de uma substância medicinal.

O manejo de plantas tropicais na forma bonsai ainda é um campo pouco explorado cientificamente, configurando uma oportunidade para ampliar os conhecimentos sobre fatores envolvidos na condução das espécies. A relevância desse estudo está ancorada em dois principais eixos: a) contribuição para a conservação e manejo sustentável de *Copaifera* e; b) aperfeiçoamento das técnicas aplicadas ao cultivo de bonsai de espécies nativas. Ressalta-se que não há registros prévios de condução de *Copaifera* em formato bonsai, o que reforça o caráter pioneiro deste estudo.

Devido às lacunas e às notáveis potencialidades, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de técnicas de condução de bonsai no desenvolvimento morfológico de indivíduos juvenis de *Copaifera sp.*, considerando-se o pressuposto de que a restrição espacial e as intervenções morfofisiológicas promovidas pelos procedimentos impactam significativamente a estrutura da planta, induzindo adaptações características de organismos submetidos a estresses controlados. Buscou-se, ainda, promover um crescimento equilibrado entre os indivíduos, com restrição do desenvolvimento vertical e manutenção do vigor estrutural, de modo a subsidiar a viabilidade da espécie para cultivo ornamental e, futuramente, avaliar sua capacidade de produzir oleorresina em condições de miniaturização.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ciências Florestais (LABFLOR) da Universidade Federal do Acre, em Cruzeiro do Sul no Acre. Quinze indivíduos juvenis de *Copaifera sp.* foram adquiridos na região da comunidade do rio Crôa e, posteriormente, em agosto de 2024, transplantados para recipientes reutilizados com capacidade de 20 L, contendo uma mistura de substrato orgânico e areia. As plantas apresentavam vigor inicial mediano, algumas com apenas uma ou duas folhas.

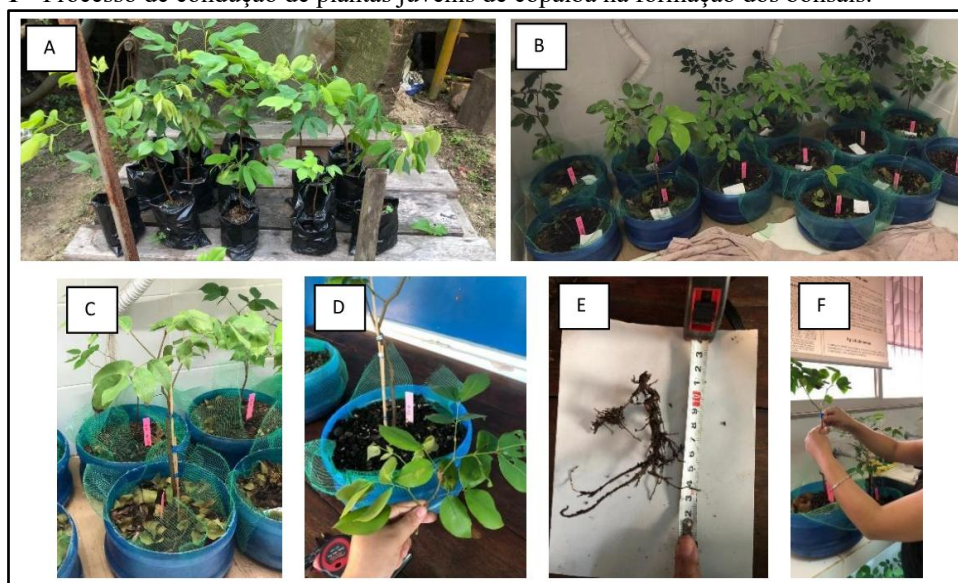
Sendo este um estudo de viabilidade inicial e de caráter exploratório, voltado a ampliar o conhecimento sobre fenômenos pouco estudados, optou-se pela não utilização

de grupo controle, em razão do caráter pioneiro da investigação e da limitação de indivíduos disponíveis. Segundo Tafla et al. (2022), os estudos exploratórios têm como finalidade ampliar o conhecimento sobre fenômenos pouco estudados, enquanto Sampieri et al. (2013) destacam que tais estudos buscam examinar problemas pouco investigados e levantar hipóteses iniciais.

Ademais, as alternativas de condução (em sacos de mudas no viveiro ou diretamente no solo em ambiente natural de floresta) inviabilizariam a observação do desenvolvimento radicular, parâmetro importante no método de condução de bonsai adotado nesta pesquisa; por essa razão, optou-se pela ausência de grupo controle.

A sobrevivência dos indivíduos juvenis foi monitorada ao longo de todo o experimento. Além disso, instalou-se uma fina haste de bambu, fixada com arame flexível, para o tutoramento do crescimento vertical; instalou-se tela mosquiteira de *nylon* no fundo dos recipientes, visando limitar o desenvolvimento radicular; manteve-se iluminação artificial constante (24 horas) nos primeiros seis meses e, posteriormente, iluminação natural, além de irrigação três vezes por semana (Figura 1). Aplicou-se fertilizante foliar composto por nitrogênio, fósforo, potássio, boro, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, molibdênio e zinco (FORTH BONSAI, 2025), semanalmente na dosagem 12 ml/litro de água.

**Figura 1** - Processo de condução de plantas juvenis de copaíba na formação dos bonsais.



Legenda: A. Aquisição das plântulas; B. Condução das plantas após poda em 03/12/2024; C. Planta com haste de tutoramento; D. Poda da parte aérea; E. Poda e mensuração da raiz; F. Manutenção da haste de tutoramento.

O acompanhamento da formação dos bonsais envolveu duas podas de raízes e folhas, além da mensuração bimestral dos parâmetros dendrométricos: Df - diâmetro médio do fuste (caule) na altura do coleto; Hf - altura do fuste, a partir do coleto à primeira bifurcação; e semestral: (Ht - altura total do bonsai; Rz - comprimento total da raiz; Fo - número de folhas da copa).

Visando relacionar os efeitos das técnicas de condução de bonsai não apenas ao crescimento estrutural, mas também à resiliência morfofisiológica dos indivíduos, e fornecendo subsídios adicionais para a interpretação dos resultados além das mensurações dendrométricas, registrou-se a ocorrência de rebrota após a morte da parte aérea, o que permitiu avaliar a capacidade de regeneração da espécie sob condições de restrição espacial e manejo intensivo.

A análise dos dados consistiu da aplicação de estatística descritiva, Teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, correlação de *Pearson*, conforme Ferreira (2018) e Análise de Componentes Principais (ACP), conforme Valentin (2012) e Manly e Alberto (2019). Utilizou-se a inteligência artificial Copilot (ferramenta digital), para a simplificação das ideias e na formatação das referências bibliográficas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 15 indivíduos juvenis avaliados, 33,3% apresentaram morte da parte aérea durante o experimento; destes, 13,3% brotaram posteriormente, evidenciando a capacidade de regeneração da espécie. Esse é um comportamento esperado, pois, de acordo com Pedroni et al. (2002), em condições de estresse hídrico, no final da estação seca, as copaíbas adultas tendem a perder suas folhas. A taxa de sobrevivência contínua foi de 66,7%.

O gênero *Copaifera*, de acordo com as principais espécies de ocorrência na Amazônia legal, geralmente apresenta folhas alternas, paripinadas, com 2-12 pares folíolos opostos, alternos ou subopostos (COSTA et al., 2006; MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). No presente estudo, as folhas apresentaram entre 4 a 6 folíolos por folha.

Conforme observa-se na Tabela 1, os indivíduos jovens de *Copaifera sp.* apresentaram, em média, diâmetro do fuste (Df) de 5,76 mm ( $\pm 2,77$ ), caracterizando um estágio inicial de desenvolvimento com variação moderada entre os exemplares. A altura do fuste até a primeira bifurcação (Hf) foi de 13,76 cm ( $\pm 4,89$ ), indicando início da formação da copa com certa elevação. A altura total (Ht) foi de 33,54 cm ( $\pm 20,90$ ), refletindo ampla variabilidade e diferentes ritmos de crescimento vertical. O número de

folhas (Fo) foi de 5,5 ( $\pm$  4,06), com variação significativa, possivelmente associada à resposta diferencial ao ambiente ou ao manejo. O comprimento da raiz (Rz) foi de 10,00 cm ( $\pm$  7,57), evidenciando bom desenvolvimento radicular proporcional ao porte dos indivíduos.

**Tabela 1** - Parâmetros dendrométricos médios de bonsais de *Copaifera sp.* com 12 meses de idade.

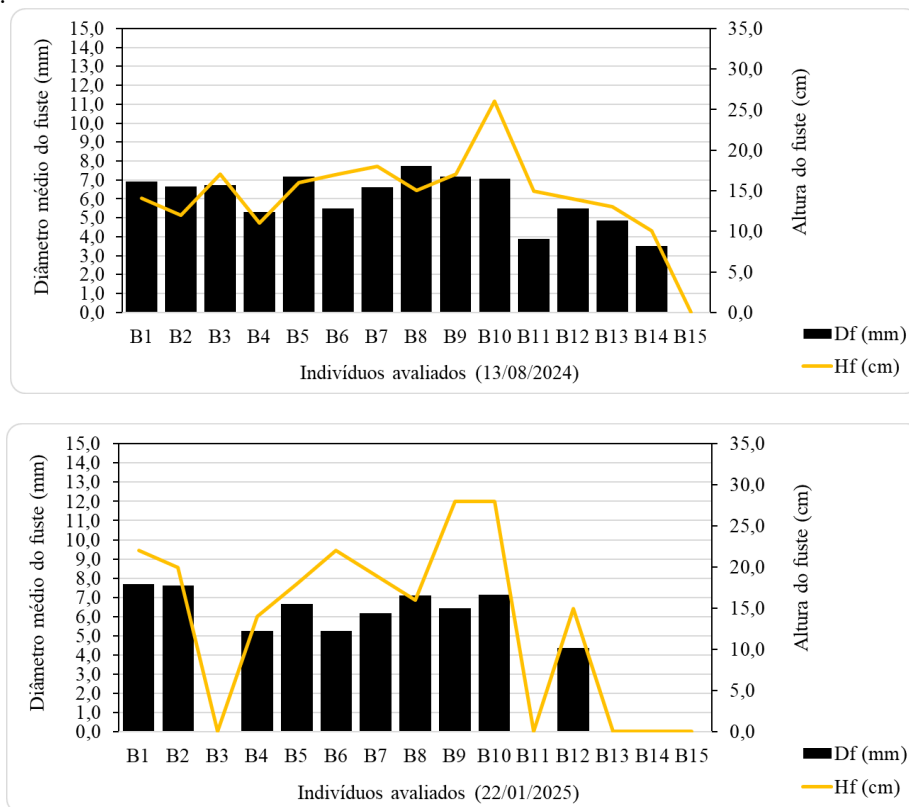
Bonsai ID	Parâmetros dendrométricos				
	Df	Hf	Ht	Fo	Rz
B1	8,10	20,51	39,50	7,00	15,00
B2	7,34	18,27	21,00	5,50	10,00
B3	1,68	4,26	0,00	5,50	0,00
B4	5,76	13,76	37,50	4,00	15,00
B5	7,41	17,01	42,00	8,00	20,00
B6	5,81	21,52	39,00	7,00	17,00
B7	3,20	9,26	0,00	2,00	0,00
B8	7,60	16,53	44,00	14,00	16,00
B9	7,03	26,52	52,50	8,00	11,05
B10	7,54	27,28	43,50	8,00	12,00
B11	0,98	3,75	0,00	0,00	0,00
B12	2,47	7,25	0,00	0,00	0,00
B13	1,22	3,26	0,00	0,00	0,00
B14	0,88	2,51	0,00	0,00	0,00
B15	5,25	8,00	33,54	7,00	10,00

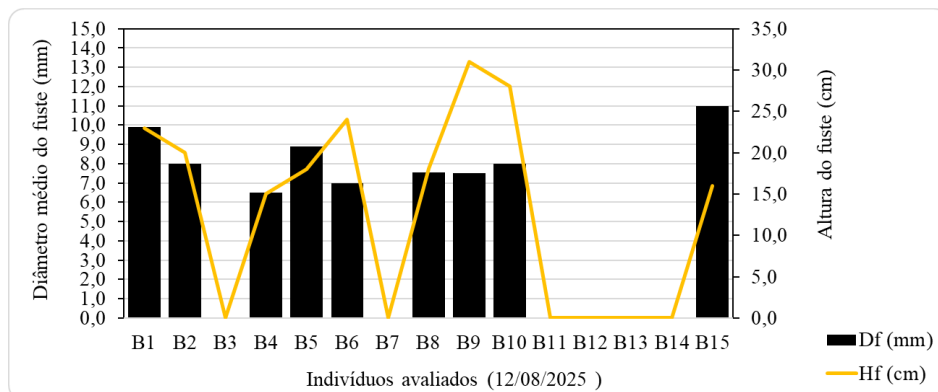
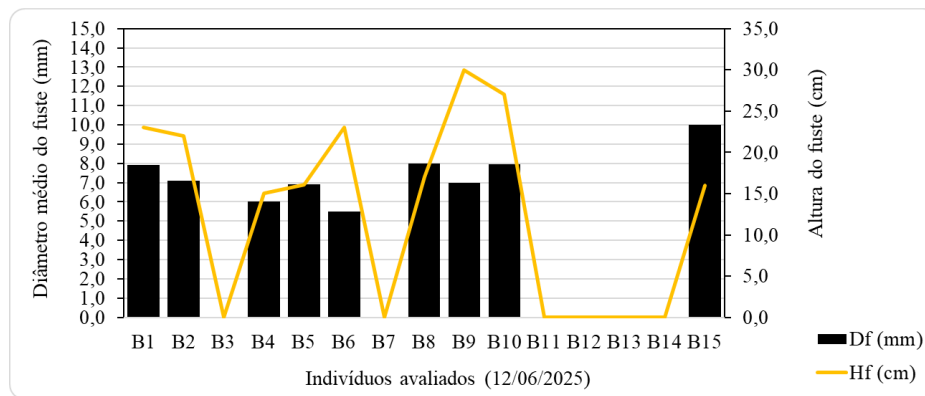
Legenda: Df = diâmetro médio do fuste na altura do coleto (mm); Hf = altura do fuste (cm), a partir do coleto à primeira bifurcação; Ht = altura total do bonsai (cm); Rz = comprimento total da raiz (cm); Fo = número de folhas da copa; Bonsai ID = identificador do bonsai.

Montoro e Silva (2005) testaram a produção de bonsais a partir de mudas de espécies nativas do Cerrado (*Anacardium occidentale*, *Brosimum gaudichaudii*, *Dipteryx alata*, *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa*), relatando que cinco mudas de *A. occidentale* e três de *B. gaudichaudii* não suportaram os cortes radiculares, no entanto, afirmaram que a poda drástica da raiz principal não causou muitos danos, uma vez que as raízes laterais atuaram na absorção de nutrientes.

Abaixo, a Figura 2 apresenta a variação do crescimento dos indivíduos juvenis nos quatro momentos avaliados. Os gráficos combinam barras (Df) e linhas (Hf), permitindo-se observar o desenvolvimento morfológico dos indivíduos ao longo do tempo. Nota-se que, embora alguns indivíduos apresentem crescimento contínuo para Df, a Hf variou de forma mais irregular, indicando comportamentos distintos de desenvolvimento entre os parâmetros avaliados. No terceiro momento, observa-se um aumento expressivo no Df dos indivíduos B1, B5, B8, B10 e B15, enquanto Hf permanece relativamente constante, sugerindo priorização do crescimento radial em detrimento da elongação do fuste. A variabilidade de Hf é mais acentuada no segundo momento, com diferenças superiores a 5 cm entre os indivíduos, o que pode indicar influência de fatores ambientais ou genéticos no padrão de crescimento e bifurcação, uma vez que, trata-se de espécies não domesticadas e, assim, com alta variação fenotípica.

**Figura 2** - Variação morfológica de indivíduos jovens de *Copaifera sp.* submetidos às técnicas de formação de bonsai.





Legenda: Diâmetro médio do fuste na altura do coleto (Df) e altura do fuste, a partir do coleto à primeira bifurcação (Hf) dos indivíduos manejados e mensurados ao longo de quatro momentos distintos.

A análise dos parâmetros dendrométricos Df e Hf ao longo de quatro momentos distintos revela padrões de crescimento diferenciados entre os indivíduos amostrados. Os dados não apresentam distribuição normal ( $p < 0,001$ ), e os altos coeficientes de variação (CV%) indicam elevada heterogeneidade.

Ao final das mensurações, os bonsais B3, B11, B12, B13 e B14 estavam inativos, desde pelo menos 12/06/2025. Considera-se que o fertilizante foliar pode ter contribuído positivamente, mas não é possível descartar algum efeito prejudicial aos bonsais que sofreram perdas drásticas da folhagem, do mesmo modo em relação à poda radicular. De acordo com Oliveira et al. (2017), que estudaram a variabilidade química de óleos essenciais de árvores de *Copaifera langsdorffii* Desf., essas apresentaram fase vegetativa com queda foliar (período seco) e brotamento (início do período chuvoso). É importante continuar o acompanhamento desses bonsais para verificar sua capacidade de regeneração.

É importante salientar que a inclusão de indivíduos inativos, fundamentada na expectativa de rebrotamento tardio, pode ter gerado algum nível de distorção nos

resultados médios. Contudo, foram obtidas as mensurações de Df e Hf, parâmetros essenciais para a caracterização do porte final das plantas.

Padrões de crescimento diferenciados, foram observados por Luna et al. (2018), ao avaliarem a adaptação de mudas de espécies de restinga cultivadas em vasos para fins ornamentais. Os autores verificaram que, de modo geral, o desenvolvimento inicial foi marcado por maior crescimento em altura em relação ao enfolhamento, seguido por incremento no número de folhas que posteriormente superou a alongação do caule, caracterizando um padrão adaptativo às condições de cultivo restrito. Esse comportamento guarda relação com os resultados obtidos para os bonsais de *Copaifera sp.*, nos quais também se evidenciou alternância entre crescimento estrutural e produção foliar, modulada pelas técnicas de poda e aramação. Assim, tanto nas espécies de restinga quanto na copaíba, a plasticidade morfológica diante da restrição espacial e do manejo intensivo reforça o potencial ornamental e a viabilidade de condução em sistemas de cultivo controlado, incluindo a possibilidade de aplicação para formação de bonsai.

O coeficiente de determinação de Pearson ( $r^2 = 0,883$ ) demonstrou haver uma forte correlação Df e Hf, de acordo com as prerrogativas de Ferreira (2018), sugerindo que o crescimento em espessura está fortemente relacionado ao crescimento em altura, possivelmente como resultado do acesso à luminosidade ou estabilidade estrutural. Esses valores indicam que os dados apresentam assimetria ou dispersão significativa, o que é corroborado pelos altos coeficientes de variação apresentados na Tabela 2, que apresenta os resultados considerando-se todas as medições obtidas para Df e Hf:

**Tabela 2** - Resumo dendrométrico e estatístico de todas as medições do fuste de indivíduos jovens de *Copaifera sp.*

Parâmetros	Df	Hf
N	60	60
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	11,00	31,04
Média ( $\bar{x}$ )	4,82	13,31
Desvio padrão ( $s$ )	3,42	9,85
Coefficiente de variação (CV%)	71,07	73,99

Legenda: N = número total de medições; Df = diâmetro médio do fuste na altura do coleto (mm); Hf = altura do fuste (mm), a partir do coleto à primeira bifurcação.

No caso da espécie *C. langsdorffii*, Miranda et al. (2019) observaram que apresenta grande sensibilidade à variação de precipitação pluviométrica, mudando sua anatomia e crescimento em função das variações climáticas, permitindo-se utilizá-la também como bioindicador. Porém, no caso dos bonsais de *Copaifera* do presente estudo

a irrigação fornecida foi controlada, bem como a luminosidade, característico de um ambiente estável.

Considera-se que a variabilidade dos parâmetros dendrométricos observada neste estudo pode ser atribuída às diferenças naturais nas características das mudas que são oriundas de sementes nativas e, também, em resposta aos fatores ambientais limitantes, refletindo distintas qualidades genéticas e fisiológicas.

Existe uma diversidade de espécies adaptadas a distintos ecossistemas, do ponto de vista morfológico e fisiológico, isso resulta em grande variação anatômica dos tecidos lenhosos (MORRIS; JANSEN, 2016). As árvores desenvolvem características próprias e as variações estruturais do lenho, especialmente as dimensões dos elementos celulares, têm relação com a variação de fatores ambientais que afetam o crescimento, tais como: localização geográfica, qualidade do sítio, tipo de solo e disponibilidade de água (MARCATI et al., 2001).

Assim, a heterogeneidade observada nos parâmetros dendrométricos reflete a interação entre diversidade genética e condições ambientais, característica esperada em estudos com espécies nativas. No caso da condução de bonsai de *Copaifera*, embora o ambiente seja relativamente controlado, as diferenças genéticas entre indivíduos oriundos de sementes nativas podem resultar em respostas fisiológicas distintas, reproduzindo em escala reduzida a variabilidade que também ocorre em ambientes naturais.

A Análise de Componentes Principais (Tabela 3) revelou que no eixo da CP1, as variáveis de crescimento estrutural estão fortemente associadas, destacando-se o diâmetro do fuste em momentos finais ( $Df_3 = 0,916$ ;  $Df_4 = 0,913$ ), a altura até a bifurcação ( $Hf_3 = 0,958$ ;  $Hf_4 = 0,965$ ), o comprimento radicular ( $Rz = 0,925$ ) e a altura total ( $Ht_1 = 0,902$ ;  $Ht_2 = 0,978$ ). Esse eixo representa o crescimento acumulado de  $Df$  e  $Hf$ , refletindo o vigor morfológico e o desenvolvimento global dos indivíduos. Já o eixo CP2 relaciona-se às variações intermediárias e diferenciação entre indivíduos, com maior peso para o diâmetro inicial ( $Df_1 = 0,853$ ), a altura inicial até a bifurcação ( $Hf_1 = 0,897$ ) e o número de folhas podadas ( $Fo_1 = 0,483$ ), evidenciando diferenças no crescimento inicial e respostas distintas ao manejo.

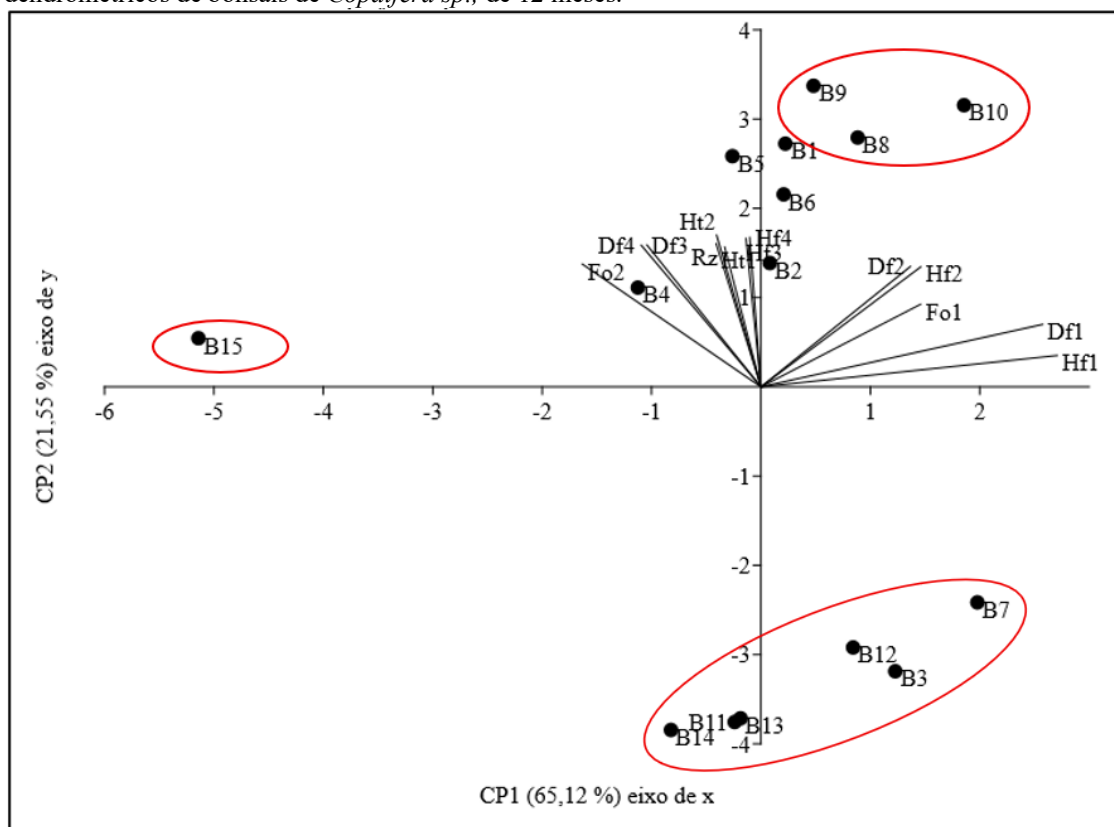
**Tabela 3** - Sumário da Análise de Componentes Principais de treze dimensões dendrométricas e temporais, analisadas para a determinação da relação entre parâmetros de bonsais de *Copaifera sp.* De 12 meses.

Sumário da ACP	Pesos			
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
<i>Eigenvalue</i>	846,52	280,21	0,69	0,40
Variância (%)	65,12	21,56	5,34	3,09
(%)	65,12	86,67	92,02	95,11
Df <sub>1</sub>	0,403	<b>0,853</b>	0,042	-0,220
Df <sub>2</sub>	<b>0,777</b>	0,453	-0,294	-0,293
Df <sub>3</sub>	<b>0,916</b>	-0,345	0,070	-0,047
Df <sub>4</sub>	<b>0,913</b>	-0,363	0,009	-0,062
Hf <sub>1</sub>	0,202	<b>0,897</b>	0,019	0,329
Hf <sub>2</sub>	<b>0,774</b>	0,484	-0,363	0,020
Hf <sub>3</sub>	<b>0,958</b>	-0,046	-0,073	0,182
Hf <sub>4</sub>	<b>0,965</b>	-0,034	-0,056	0,193
Fo <sub>1</sub>	0,533	0,483	<b>0,659</b>	-0,111
Fo <sub>2</sub>	<b>0,793</b>	-0,542	0,037	-0,106
Rz	<b>0,925</b>	-0,136	0,042	-0,105
Ht <sub>1</sub>	<b>0,902</b>	-0,110	0,155	0,219
Ht <sub>2</sub>	<b>0,978</b>	-0,134	-0,019	0,015

Legenda: Df<sub>n</sub> = diâmetro médio do fuste na altura do coleto; Hf<sub>n</sub> = altura do fuste, a partir do coleto à primeira bifurcação; Ht<sub>n</sub> = altura total do bonsai; Rz = comprimento total da raiz; Fo<sub>n</sub> = número de folhas da copa; bonsai ID = identificador do bonsai; % = porcentagem; CP = componente principal.

A ACP permitiu reduzir a dimensionalidade dos dados dendrométricos, concentrando 86,67% da variância nos eixos CP1 e CP2, que explicam respectivamente, 65,12% e 21,56% da variância total dos dados, significando uma boa representatividade dos parâmetros dendrométricos analisados no plano bidimensional (Figura 3). Esses resultados corroboram a forte relação entre Df e Hf, e os associa a Rz, Fo e Ht evidenciando a consistência do padrão de crescimento ao longo do tempo, em consonância com Manly e Alberto (2019), os quais destacam que os melhores resultados da ACP são obtidos quando as variáveis apresentam elevada correlação.

**Figura 3** - Representação biplot da Análise de Componentes Principais (ACP): plano com 86,67 % de explicação da variabilidade dos dados e de semelhanças relativas, em função das variáveis dos parâmetros dendrométricos de bonsais de *Copaifera sp.*, de 12 meses.



Legenda: Df<sub>n</sub> = diâmetro médio do fuste na altura do coleto; Hf<sub>n</sub> = altura do fuste, a partir do coleto à primeira bifurcação; Ht<sub>n</sub> = altura total do bonsai; Rz = comprimento total da raiz; Fo<sub>n</sub> = número de folhas da copa; CP = componente principal; B = bonsai; n = momentos de medição: 1, 2, 3 ou 4.

O *biplot* da ACP evidencia a influência das variáveis de Df<sub>2</sub> e Hf<sub>2</sub> na separação dos indivíduos ao longo do eixo do CP1. Os indivíduos B8, B9 e B10 apresentaram os maiores desenvolvimentos morfológicos, enquanto B4 e B5 se destacaram pelos valores baixos, e B1, B2 e B6 intermediários. O CP1 representa o eixo de crescimento acumulado, com forte influência dos valores finais de Df<sub>4</sub> e Ht, e sugere a existência de padrões distintos de crescimento entre os indivíduos. Já o CP2 destaca variações intermediárias, sugerindo que parte da variabilidade entre os indivíduos pode estar associada a respostas específicas em momentos distintos. Além disso, B15 pode ser considerado um *outlier* de desenvolvimento em relação ao conjunto, apesar da desfolhação inicial.

Cumprе salientar que o presente estudo apresenta restrições metodológicas que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Tais limitações não configuram falhas metodológicas, mas refletem as condições específicas de um estudo exploratório e inovador, cujos resultados constituem uma contribuição inicial ao conhecimento sobre a

condução de bonsais de *Copaifera* e oferecem subsídios para investigações futuras em maior escala e com delineamentos experimentais mais robustos.

## CONCLUSÃO

A avaliação do efeito de técnicas de condução de bonsai no desenvolvimento morfológico de indivíduos jovens de *Copaifera sp.*, mostrou que a restrição espacial e as intervenções morfofisiológicas promovidas permitem o desenvolvimento e induzem adaptações características da plasticidade de organismos submetidos a estresses controlados.

Os parâmetros dendrométricos verificados indicaram que os bonsais de *Copaifera sp.* se desenvolveram de modo relativamente equilibrado, com variações moderadas entre os indivíduos. A correlação elevada entre diâmetro (Df) e altura até a bifurcação (Hf) sugere que há crescimento e ele ocorre de forma proporcional, sem o crescimento excessivo do caule.

A Análise de Componentes Principais reforça esse padrão, mostrando que os principais parâmetros de variação estão concentrados nos momentos finais, o que indica que os tratamentos aplicados conseguiram modular o crescimento sem comprometer a estrutura das plantas.

Em relação ao aspecto geral dos bonsais, verificou-se que após 12 meses, os indivíduos jovens já apresentaram uma estética que os assemelha à estrutura esperada para uma árvore de copaíba, com fuste reto, cilíndrico e com uma bifurcação marcante da formação da copa. Assim, os dados iniciais deste estudo sugerem que é possível conduzir *Copaifera sp.* na forma bonsai com desempenho morfológico satisfatório e relativamente homogêneo, mesmo submetidos a estresses controlados, abrindo espaço para futuras pesquisas sobre a produção de oleorresina em condições de cultivo restrito.

## REFERÊNCIAS

AZANI N, B. M.; BAILEY, C. D.; BANKS, H.; BARBOSA, A. R.; PINTO, R. B., *et al.* A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **TAXON**, v. 66, n. 1, p. 44–77, 2017.

ARRUDA, C.; MEJÍA, J. A. A.; RIBEIRO, V. P.; BORGES, C. H. G.; MARTINS, C. H. G.; VENEZIANI, R. C. S.; AMBRÓSIO, S. R.; BASTOS, J. K. Occurrence, chemical composition, biological activities and analytical methods on *Copaifera* genus: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p. 1-20, 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

- COSTA, M. P.; PEREIRA, J. A. A.; BENICIO, M. H. M.; SOUSA, H.; FONTES, M. A. L.; GARCIA, P. O. Alometria e arquitetura de *Copaifera langsdorffii* (desf.) kuntze (Fabaceae) em fitofisionomias neotropicais no sul de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 223-240, 2012.
- COSTA, P.; TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; TURCATEL, R. **Copaíba (*Copaifera L.*): taxonomia, morfologia, distribuição geográfica e usos**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 26 p.
- FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental Aplicada à Ciências Agrárias**. Viçosa: Ed. UFV, 2018. 588p.
- FORTH BONSAI. Fertilizante Foliar FORTH Bonsai Líquido, 60 ml. 2025.
- LIMA, M. A. O.; MIELKE, M. S.; LAVINSKY, A. O.; FRANÇA, S.; ALMEIDA, A. F.; GOMES, F. P. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 527-534, 2010.
- LUNA, R. R.; SIQUEIRA, A. C. S.; SOUZA, R. L.; FERREIRA, Y. P. B.; SANTOS NETO, A. F.; MUSSIDIAS, V.; FREIRE, M. G. M. Cultivo doméstico de espécies da restinga do Açú: uma iniciativa para valorização e popularização deste ecossistema. **Revista Perspectivas Online: Biológicas e Saúde**, v. 8, n. 27, 2018.
- MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução**. Tradução: Carlos Tadeu dos Santos Dias. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. **Revta brasil. Bot., São Paulo**, v.24, n.3, p.311-320, 2001.
- OLIVEIRA, L. G. S.; RIBEIRO, D. A.; SARAIVA, M. E.; MACÊDO, D. G. Chemical variability of essential oils of *Copaifera langsdorffii* Desf. in different phenological phases on a savannah in the Northeast, Ceará, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 455-464, 2017.
- MONTORO, G. R.; SILVA, C. S. P. Produção de bonsai com espécies nativas do Cerrado. In: **56º CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 56., 2005. Resumos... [22342.], 2005.
- MORRIS, H.; JANSEN, S. Secondary xylem parenchyma – From classical terminology to functional traits. **IAWA Journal**, v.37, n.1, p.1-15, 2016.
- PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. -- Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botan.** v. 25, n.2, p. 183-194, 2002.
- RATTO, C. R. **Curso básico de bonsai**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/201164140/CURSO-BASICO-DE-BONSAI-apostila>. Acesso em: 25 nov. 2025.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A. **Guia de seleção de árvores ornamentais: paisagismo urbano para a Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2024. 168 p.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.
- SODRÉ, G. A.; LIMA, H. R. R.; PERDIGÃO, L. T.; LIMA, N. R. W. Construção de conceitos biológicos de espécie e plasticidade fenotípica com base em uma aula teórico-prática com duas espécies de boldo *Plectranthus Neochilus* e *P. Barbatius*. **Revista Ciências & Ideias**. v. 10, n. 1, 2019.
- TAFLA, T. L.; MAGALHÃES, J.; TEIXEIRA, M. C. T. V.; PAULA, C. S. de. Métodos de pesquisa científica: conceitos e definições. **Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 30-43, 2022.

TRINDADE, R. DA; SILVA, J. K. DA; SETZER, W. N. *Copaifera* of the Neotropics: A review of the phytochemistry and pharmacology. **Int. J. Mol. Sci**, v. 19, n. 5, 2018.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012. 168 p.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO<sub>2</sub>. **Cienc. Rural**, v. 45, n. 9, p. 1564-1571, 2015.