

Artigos

Relações dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne, no município de Manicoré-AM

Dendrometric, edaphic and oleorresin relationships from *Copaifera multijuga* Hayne, in the municipality of Manicoré-AM

Luiz Rocha Maciel^I 
Santiago Linorio Ferreyra Ramos^I 
Kátia Emídio da Silva^{II} 

^IUniversidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

^{II}Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, Brasil

RESUMO

O oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne apresenta grande importância socioeconômica para região amazônica. O objetivo desta pesquisa foi determinar como as variáveis dendrocronológicas, dendrométricas, edáficas e de produção, interação entre si, e com a própria produção de oleorresina. Foram amostrados 14 indivíduos para extração do oleorresina, onde foram coletadas informações dendrométricas e realizadas coletas do solo no entorno de cada árvore. Uma análise descritiva foi realizada nas 30 variáveis observadas, sendo aplicada uma análise de componentes principais (ACP) das variáveis do solo. Em seguida, foi exercido uma análise de correlação de Pearson das variáveis do solo com as variáveis dendrométricas e de produção de oleorresina. Uma nova ACP foi executada, incluindo as variáveis de solos selecionadas na primeira ACP, as dendrométricas e produção de oleorresina. Os resultados indicaram que as 14 árvores analisadas produziram óleo, com produção média de 226,79 ml \pm 126,91. A quantidade de óleo mostrou estar correlacionada negativamente com o teor de manganês (Mn) no solo, apesar da concentração de Mn não estar além dos limites toleráveis pelas plantas, não representando risco de toxicidade. Há que se destacar que de modo geral observou-se uma plasticidade das copaibeiras em ocorrer nas diversas concentrações das variáveis analisadas, o que sugere que esta espécie possui adaptabilidade para diferentes condições de solo, embora os atributos do solo tenham demonstrado pouca influência na produção de oleorresina.

Palavras-chave: Copaíba; PFNM; Solo; Multivariadas



ABSTRACT

The oleoresin from *Copaifera multijuga* Hayne has great socioeconomic importance for the Amazon region. The objective of this research was to determine how the dendrochronological, dendrometric, edaphic and oleoresin production variables of *C. multijuga* interact with each other and with the oil production itself. Fourteen individuals were sampled for oleoresin extraction, where dendrometric information was collected and samples were taken from the soil around each tree. A descriptive analysis was performed of the observed variables, applying a principal component analysis of the soil variables, then a Pearson correlation analysis of the soil variables with the dendrometric and oil production variables was performed. A new principal component analysis was performed, including selected soil variables, dendrometric and oleoresin production. The results indicated that the 14 trees analyzed produced oil, with an average production of $226.79 \text{ ml} \pm 126.91$. The amount of oil was shown to be negatively correlated with the content of manganese (Mn) in the soil, despite the concentration of Mn not being beyond the tolerable limits for the plants, not representing a risk of toxicity. It should be noted that, in general, a plasticity of copaibeiras was observed to occur in the different concentrations of the analyzed variables, which suggests that this species has adaptability to different soil conditions, although soil attributes showed little influence on oleoresin production.

Keywords: Copaíba; PFM; Soil; Multivariate

1 INTRODUÇÃO

A extração de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNMs) no Brasil tem grande importância social, econômica e ambiental, apresentando-se como uma forma de exploração sustentável (IDESP, 2011). No entanto, manejar a floresta para obtenção de PFNMs é um grande desafio, pois isto implica na manutenção da diversidade biológica de espécies animais e vegetais, bem como a implementação de métodos e atividades econômicas que não provoquem desequilíbrio ecológico, visando alcançar um desenvolvimento em bases realmente sustentáveis (MACHADO, 2008).

Há tempos, populações tradicionais, extrativistas, ribeirinhas e agricultores familiares utilizam produtos não madeireiros para subsistência e renda familiar, estando presentes na alimentação, no tratamento de doenças (fitoterapia), em indústrias de cosméticos e bebidas, do mesmo modo que em práticas culturais (IDESP, 2011; RÊGO, 2017). Segundo o boletim do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2018), os PFNMs tiveram um crescimento de 1,8% em relação ao ano anterior, totalizando uma receita de R\$ 1,6 bilhões arrecadados.



Dentre o grande número de espécies florestais que apresentam potencial para manejo sustentável de PFNMs, podemos citar a copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) pertencente à família Fabaceae. Esta espécie produz oleorresina muito apreciado no mercado nacional e internacional. No Brasil, existem 28 espécies do gênero *Copaifera*, sendo 22 endêmicas, onde 12 espécies e duas variedades ocorrem na Amazônia (VEIGA JUNIOR e PINTO, 2002; COSTA e QUEIROZ, 2007; COSTA, 2019).

De acordo com dados do IBGE (2018), o Brasil produziu 165 toneladas de oleorresina de copaíba onde o estado do Amazonas contribuiu com 88% da produção nacional, no qual o município de Manicoré – AM contribuiu com 11% da produção estadual (IDAM, 2019). Atualmente, os estudos realizados com gênero *Copaifera* têm se centralizado na tentativa de encontrar correlação entre aspectos que interferem na produtividade do oleorresina. Ainda que existam informações obtidas com esses estudos, pouco se sabe sobre os fatores que influenciam na produção de oleorresina para determinadas regiões da Amazônia que apresentam elevada quantidade de espécies do gênero.

Tendo em vista a significativa contribuição do município de Manicoré para a produção estadual e nacional de oleorresina da espécie *C. multijuga*, este trabalho analisou os aspectos das relações dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina da espécie em comunidade extrativista no município de Manicoré, com o intuito de colaborar com a formulação de políticas públicas, estratégias de conservação e melhorias nos procedimentos de manejo para o uso racional.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área situada nas comunidades de São José e Terra Preta, no rio Atininga pertencente ao município de Manicoré, na região Sul do estado do Amazonas, Brasil. A vegetação da região é composta predominantemente



por Floresta Ombrófila Densa, que representa aproximadamente 65,4 % da vegetação natural existente, tendo outros tipos de vegetação sem predominância (IBGE, 2012). O clima da região é do tipo tropical quente úmido com bastante variação, principalmente quanto à distribuição de chuvas (IBGE, 2002). Os solos predominantes na região são caracterizados como Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelo ácidos, bem drenados, de textura média a argilosa (BRASIL, 1978).

2.2 Coleta dos dados

Os dados foram coletados em março de 2019, utilizando uma amostragem inteiramente casualizada (IBGE, 2012) em 14 árvores de *C. multijuga*, com Diâmetro Altura do Peito (DAP) ≥ 30 cm levando em conta os trabalhos realizados por Alencar (1982), Medeiros e Vieira (2008), Souza (2010) e Medeiros (2018). Estas árvores fazem parte do grupo de indivíduos que têm o oleorresina extraído pelos comunitários que habitam a região, e procurou-se amostrar árvores de diferentes classes de DAP com distâncias entre indivíduos de pelo menos 100 metros de forma a contemplar possíveis variações nas características de solos. Além disso, foram coletadas 70 amostras de material botânico para identificação no herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

2.3 Processo de extração de oleorresina

Foi adotado o método de extração de oleorresina utilizado por Alencar (1982) e Medeiros (2018), onde a extração de oleorresina do tronco das árvores foi realizada no mês de março de 2019, correspondente ao período chuvoso na região de Manicoré. Para efetuar o procedimento foi produzido um furo no tronco a um metro de altura em relação ao solo, com profundidade até atingir a região da medula. Em seguida, utilizou-se um perfurador de madeira STIHL BT 45, com broca de 19x460 mm. O local do orifício foi definido conforme a orientação do tronco das árvores, sendo realizado na direção em que o tronco principal se inclinava.



Após a perfuração, o BT 45 foi retirado e coletado o oleorresina contido na árvore pela calha de aço fixa ao tronco. Posteriormente, introduziu-se no orifício um tubo de PVC de 20 mm com 20 cm de comprimento, e na extremidade do tubo era acoplada uma mangueira plástica transparente, ligando-a a uma bombona de plástico com capacidade suporte de volume de 5 litros, fazendo-se o contato deste com a mangueira. A coleta foi realizada por 24 horas seguindo as diretrizes de Rigamonte-Azevedo (2006) e Medeiros (2018).

2.4 Variáveis dendrométricas e dendrocronológicas

Para a amostragem das variáveis dendrométricas foi utilizado o equipamento Truepulse e trena a laser da Leica para coletar altura total (AT) e comercial (AC) e uma fita diamétrica para as medidas de DAP. A determinação da idade das árvores (dendrocronologia) foi feita por contagem do número de seus anéis de crescimento, por método não destrutivo, demarcado por faixa de parênquima, de acordo com as orientações de Mainieri e Chimelo (1989) e Roquette (2018). As amostras para o estudo dendrocronológico foram retiradas perpendicularmente ao orifício da extração do oleorresina, após sua completa exsudação, com o uso da sonda de Pressler.

Para a contagem dos anéis de crescimento dos cilindros do lenho, as amostras foram lixadas com variados graus de granulometria (100, 220, 320, 500 e 1000 grãos. mm²), possibilitando melhor visualização das estruturas anatômicas. A análise macroscópica da anatomia da madeira foi realizada com lupas de 10x e microscópios para delimitar seus anéis de crescimento. Em seguida, as larguras dos anéis de crescimento foram medidas utilizando um aparelho digital de medição com precisão de 0,001 mm (LINTAB, Rinntech, Alemanha), conectado e acoplado a um computador com o software TSAP-Win (Rinntech, Alemanha) que produz e analisa as séries cronológicas dos anéis de crescimento e incremento (RIOS e MORI, 2012; ANDRADE, 2019).



2.5 Coleta de solos

Em cada árvore selecionada foram coletadas em seu entorno quatro amostras simples de solo para compor uma única amostra por copaibeira. As coletas foram realizadas em forma cruzada a uma distância de aproximadamente 2 m do tronco de cada indivíduo, com o uso de um trado holandês, a uma profundidade de 20 cm, seguindo orientações de acordo com Arruda (2014) e Roquette (2018).

2.6 Análise dos dados

Os dados foram analisados considerando as variáveis dendrométricas (incluindo dendrocronologia), edáficas e produção de oleorresina das 14 árvores amostradas. Suas medidas foram analisadas sob a perspectiva multivariada e com uma análise descritiva dos seus valores (mínimos, máximos, médias, variância, desvio padrão e intervalo de confiança).

Com as 24 variáveis das análises físico-químicas do solo foi realizada Análise de Componentes Principais (ACP), objetivando selecionar as mais importantes com a consequente redução de dimensionalidade para as análises posteriores. Estes dados foram normalizados e utilizada a matriz de correlação entre as variáveis selecionadas. Os componentes e variáveis foram selecionados baseados nas recomendações de Jolliffe (1972), considerando aqueles com autovalores $> 0,70$. Uma análise de correlação de Pearson foi realizada com as variáveis de solos selecionadas na ACP e as variáveis dendrométricas, e de produção de óleo.

Uma segunda ACP foi realizada, empregando as variáveis de solos selecionadas na ACP anterior, e incluindo as cinco variáveis dendrométricas sendo DAP, AT, AC, idade, Incremento Médio Anual (IMA) e a produção de oleorresina, objetivando identificar árvores com características similares, tanto em termos de ambientes de ocorrência, quanto de características dendrométricas, uma análise de agrupamento foi realizada, onde as distâncias foram comparadas pela distância euclidiana e o método de agrupamento de Ward (1963). Para determinar o número de grupos das árvores



os dados das variáveis avaliadas foram realizados 1000 reamostragens de bootstrap visando melhorar a cada agrupamento seus valores de forma imparcial e com máxima verossimilhança. Os dados foram processados utilizando o programa R com pacotes específicos para cada análise.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise descritiva

Das 14 árvores de *C. multijuga* amostradas, quatro encontravam-se com orifícios há mais de quatro anos e 10 árvores não estavam furadas. Estas árvores amostradas apresentaram uma distância média entre si de 1.335 metros, com valor mínimo de 100 metros e máximo de 2.570 metros, o que pode ter favorecido a amostragem de indivíduos de diferentes populações de *C. multijuga*. O DAP médio das árvores amostradas foi de $52,44 \pm 5,9$ cm, onde 43% dos indivíduos amostrados encontraram-se nas classes de DAP entre 40 e 50 cm com uma AT média observada de $26,79 \pm 2,91$ metros. A classe com maior produção de oleorresina encontrava-se entre 50 e 60 de DAP, onde todos os indivíduos produziram oleorresina.

As 30 variáveis analisadas das 14 árvores amostradas de *C. multijuga* (24 das análises físico-químicas do solo, cinco variáveis dendrométricas e uma de produção de oleorresina), indicaram que houve grande variabilidade nos valores de cada variável avaliada.

A média de oleorresina produzido foi de $226,79 \pm 126,91$ ml; sendo que a árvore menos produtiva obteve 30 ml, enquanto que a mais produtiva, 700 ml. Apenas duas árvores produziram acima de 500 ml de oleorresina e 50% das árvores amostradas tiveram produção menor que 100 ml. Vale ressaltar que considerando as variáveis dendrométricas e a de produção, a produção de oleorresina foi a que apresentou a maior variabilidade.



As diferenças observadas entre a maioria das variáveis, pode ter se dado em função do distanciamento entre as árvores, que podem representar diferentes populações de copaíba, bem como as variações nos ambientes, onde o próprio solo em que as árvores se desenvolvem podem afetar estes comportamentos nos indivíduos amostrados através dos fatores químicos, físicos e biológicos (NOVAIS, 2007).

O estudo corrobora com valores de DAP médio de 50,0 cm encontrado por Medeiros e Vieira (2008) em estudos realizados na Reserva Florestal Adolpho Duck, no município de Manaus. Porém, em estudo realizado por Barbosa (2009), na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, na calha do rio Negro, os valores encontrados para o DAP médio da espécie *C. multijuga* foi de 33,3 cm. Plowden (2001; 2003) observou em seus estudos que a maior quantidade de oleorresina produzida está relacionada entre as classes diamétricas de 55 a 65 cm, enquanto Barbosa (2009) e Medeiros (2018), que realizaram os estudos no município de Manaus, ambos com *C. multijuga*, observaram que a maioria das árvores produtoras se encontrava na faixa de DAP de 35 a 55 cm, sendo a mesma faixa encontrada nesta pesquisa.

Plowden (2001) e Rigamonte-Azevedo (2004) sugerem em seus estudos evidências de que a produção de oleorresina aumente com o DAP até um ponto máximo e que indivíduos entre 55 e 65 cm de diâmetro apresentam maior produção média que indivíduos com diâmetro maior ou menor. Roquette (2018), no estado do Mato Grosso, trabalhando com amostras de 30 árvores de copaíba, encontraram variação de 349,9% na quantidade de óleo produzido entre os indivíduos. O presente estudo registrou variação da ordem de 2.000% entre o menor e o maior valor, o que demonstra a enorme variabilidade observada e sugere amostragem de maior número de árvores para validação, e com isso, poder auxiliar na definição de estratégias para exploração das árvores que estejam em fase mais produtiva.

3.2 Seleção de variáveis físico-químicas do solo

Pelo critério de Jolliffe (1972), foram selecionados os quatro primeiros componentes principais (CP), que explicaram 80,82% da variação total. Os CP mostraram que os dois primeiros (CP1 30,59 e CP2 23,13) explicam 53,72% da variância, sendo que as variáveis, Índice de Saturação por Alumínio (m) e Soma de Bases Trocáveis (SB)



são as mais importantes, respectivamente, para estes dois componentes.

Das 24 variáveis físico-químicas, sete variáveis foram selecionadas, onde as mais importantes em cada CP, foram: Índice de Saturação por Alumínio (m) (CP1), Soma de Bases (SB) (CP2), Argila (CP3), Carbono (CP4), Areia Grossa (CP5), Manganês (Mn) (CP6) e Cobre (Cu) (CP7) (Figura 1 e Tabela 1).

Tabela 1 – Variáveis e autovetores (ou coeficientes de ponderação) avaliados no solo em cada componente principal CP

CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ_i	7.34	5.55	3.87	2.62	1.64	0.86	0.80	0.45	0.42	0.29	0.05	0.05	0.00
% Var. CP	0.30	0.23	0.16	0.10	0.06	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
% Var. CP/A	0.30	0.53	0.69	0.80	0.87	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
Variável	Autovetores												
pH	0.21	-0.07	0.25	0.12	0.18	-0.31	0.05	0.15	0.63	0.01	-0.13	-0.04	-0.31
C	0.03	-0.26	-0.07	-0.41	-0.17	0.00	-0.25	0.19	0.05	-0.10	-0.03	0.20	-0.02
M.O.	0.03	-0.26	-0.07	-0.41	-0.17	0.00	-0.25	0.19	0.05	-0.11	-0.03	0.20	-0.01
P	0.14	-0.24	0.21	-0.18	-0.01	-0.28	0.02	-0.60	0.16	-0.00	0.08	-0.06	0.09
K	0.06	-0.31	-0.04	0.29	-0.05	0.28	-0.06	-0.37	0.01	-0.40	-0.38	0.23	0.10
Na	0.06	-0.19	-0.23	0.36	-0.07	-0.32	0.22	0.18	0.18	0.16	0.07	0.47	0.24
Ca	0.28	-0.15	0.12	-0.14	0.16	0.12	-0.19	0.21	-0.03	0.34	0.02	-0.02	-0.14
Mg	0.18	-0.23	0.07	0.11	-0.31	-0.06	0.43	0.25	-0.22	-0.21	0.26	-0.34	0.05
Al	-0.31	-0.14	0.13	0.03	-0.11	-0.15	0.06	0.05	-0.17	0.08	-0.28	-0.06	-0.27
H.Al	-0.24	-0.22	0.19	-0.05	-0.22	0.05	0.01	-0.11	0.12	0.17	0.21	-0.06	0.08
SB	0.22	-0.31	0.04	0.12	-0.06	0.17	0.05	-0.01	-0.08	-0.05	0.00	-0.02	-0.26
T	-0.30	-0.16	0.13	0.03	-0.11	-0.15	0.06	0.05	-0.17	0.07	-0.29	-0.06	-0.29
T ₋	-0.23	-0.23	0.19	-0.04	-0.23	0.06	0.02	-0.11	0.12	0.16	0.22	-0.06	0.09
V	0.32	-0.17	-0.02	0.11	0.03	0.10	0.04	0.11	-0.14	-0.10	-0.15	-0.06	-0.23
M	-0.34	0.13	0.00	-0.00	-0.04	-0.20	0.05	-0.01	-0.06	-0.04	-0.18	0.24	-0.20
Fe	-0.11	0.09	0.36	0.15	-0.05	-0.21	-0.32	0.30	0.00	-0.57	0.19	0.04	0.14
Zn	-0.13	-0.29	-0.01	0.31	0.07	0.08	-0.22	0.17	-0.14	0.35	0.01	0.12	0.24
Mn	0.26	-0.04	-0.10	-0.14	-0.02	-0.58	-0.11	-0.07	-0.36	0.07	-0.28	-0.15	0.31
Cu	-0.07	-0.15	-0.24	0.30	0.18	-0.22	-0.49	-0.19	-0.14	-0.03	0.39	-0.16	-0.33
Areia_grossa	0.12	0.21	-0.05	0.19	-0.51	0.04	-0.27	-0.00	0.18	0.14	-0.17	-0.19	0.01
Areia_fina	0.19	0.11	0.37	-0.04	0.05	-0.04	0.12	-0.12	-0.35	0.06	0.25	0.51	-0.18
Areia_total	0.19	0.23	0.16	0.13	-0.37	0.00	-0.15	-0.07	-0.05	0.14	-0.00	0.12	-0.09
Silte	-0.08	-0.14	0.36	0.03	0.41	0.09	-0.06	0.10	-0.04	0.00	-0.19	-0.16	0.31
Argila	-0.13	-0.13	-0.40	-0.15	0.09	-0.07	0.19	0.00	0.08	-0.14	0.13	-0.01	-0.11

Fonte: Autores (2023)

Em que: pH em água - relação 1:2,5; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu - Extrator Mehlich-1; CTC(T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; Ca, Mg - Extrator KCl 1 mol/L; V - Índice de Saturação por Bases; H+Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; m - Índice de Saturação por Alumínio; SB - Soma de Bases Trocáveis; Matéria Orgânica (M.O) = C (carbono orgânico) x 1,724 - Walkley-Black.



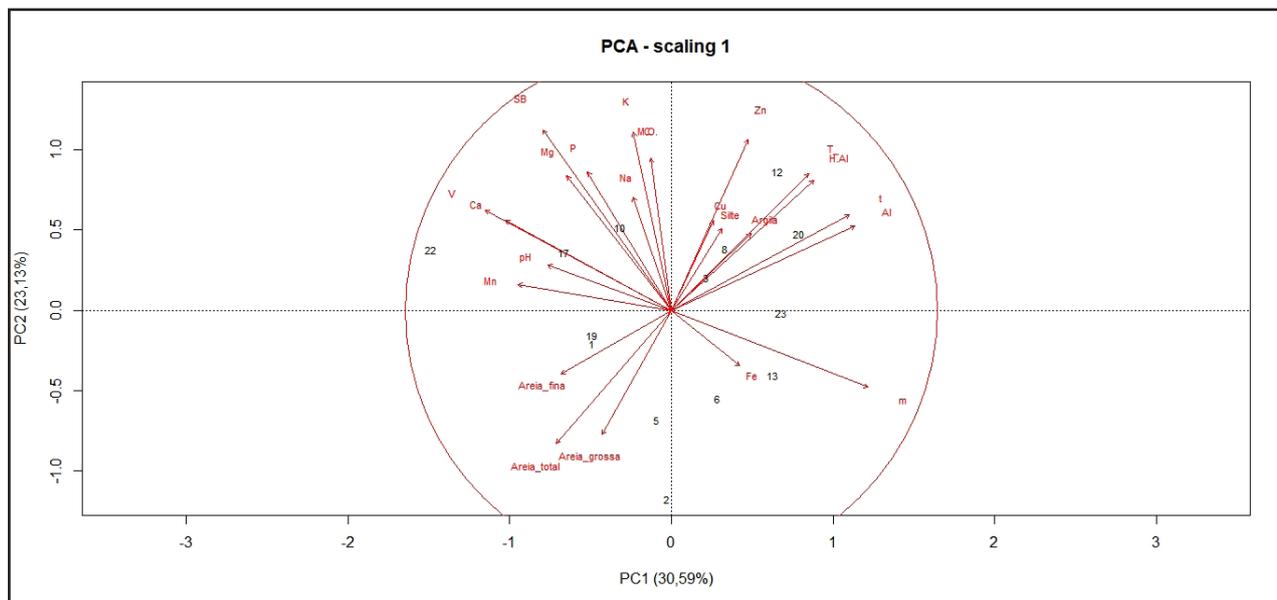
Echart e Cavalli-Molina, (2001) relatam em seus estudos que a elevada concentração de Alumínio (Al) disponível no meio pode causar problemas de toxicidade em solos com pH menor que 5,0 se tornando um dos fatores limitantes para o crescimento, desenvolvimento e absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Entretanto, observa-se que as espécies amazônicas estão adaptadas ou são tolerantes aos solos ácidos da grande maioria da região, como é o caso da área de estudo, na qual foi encontrado pH médio de $3,67 \pm 0,13$ e concentração média de Al de $3,94 \pm 0,79$ cmolc.dm⁻³. Valores parecidos para concentração de Al e pH foram encontrados por Junior (2007), que estudou a distribuição e caracterização química da fertilidade dos solos do estado do Amazonas, encontrando taxa de Al de 1,91 cmolc.dm⁻³; esses valores são considerados altos onde, para a Amazônia, as taxas de Al têm um valor médio que varia de 0,3 a 1,0 cmolc.dm⁻³ (EMBRAPA, 2010). O autor concluiu que no estado do Amazonas a grande maioria dos locais possui alta saturação de Al, acima de 75%, com exceção dos municípios de Uarini, Envira e Careiro da Várzea.

Nos locais de ocorrência das copaíbas foram observados um pH médio de $3,67 \pm 0,13$ e concentração média de Al de $3,94 \pm 0,79$ cmolc.dm⁻³, onde a argila e areia grossa (fatores físicos do solo) tiveram grande importância como variáveis na formação dos CP3 e CP5, ressaltando que a argila tem maior importância, por que a CP3 explica mais a variabilidade dos dados que a CP5.

Observa-se que as árvores de copaíba têm capacidade de ocorrer em solos com texturas bastante variáveis. Segundo Alencar (1982) e Lorenzi, (2002), a *C. multijuga*, é comum de ocorrer em florestas de terra firme, tendo maiores frequências em solos argilosos e arenosos. Um estudo realizado por Alencar (1982) analisou ocorrência de *C. multijuga* e encontrou uma proporção de 24% de árvores produtivas em solos arenosos e de 39% em solos argilosos. Contudo, Newton (2011), encontraram maiores ocorrências de árvores de copaíba em ambientes de terras firmes e tais árvores são mais propensas a produzir oleorresina do que em ambiente de várzea.



Figura 1 – Análise dos componentes principais CP1 e CP2 de 24 variáveis do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré/Amazonas



Fonte: Autores (2023)

Diversos estudos têm relatado a importância dos solos argilosos, onde há evidências de maior ocorrência de árvores de copaíberas produtivas se comparados com solos arenosos (ALENCAR, 1982; FERREIRA, 1999; MEDEIROS e VIEIRA, 2008; NEWTON; WATKISON; PERES, 2011; MEDEIROS, 2018). Já Martins-da-Silva (2008), afirma que a espécie ocorre tanto em solos argilosos como em solos arenosos, o mesmo sendo citado por Nascimento e Langenheim (1986) que não encontraram diferenças na composição química do oleorresina, presente nas folhas de *C. multijuga*, nos diferentes tipos de solos analisados (argiloso e arenoso).

3.3 Associação entre variáveis dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina

Com base no resultado da seleção das variáveis físico-químicas do solo realizadas anteriormente e utilizando as variáveis dendrométricas, foi realizada uma análise de correlação de Pearson, para verificar a correlação linear entre as mesmas.



Observou-se que a variável quantidade de óleo não indica correlação linear com as outras variáveis dendrométricas analisadas no conjunto de dados (Tabela 2). Destaca-se que a variável possui correlação negativa com o elemento Manganês (Mn).

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre as variáveis dendrométrica e as variáveis selecionadas da análise físico-química do solo após a ACP

	DAP	AC	AT	Idade	Q_Óleo	IMA	C	SB	m	Mn	Cu	Areia grossa	Argila
DAP	1.00												
AC	-0.41	1.00											
AT	0.39	0.28	1.00										
Idade	0.68	-0.71	0.26	1.00									
Q_Óleo	0.00	-0.11	-0.23	-0.16	1.00								
IMA	0.29	0.45	0.05	-0.43	0.24	1.00							
C	0.44	-0.15	0.02	0.31	-0.19	0.27	1.00						
SB	0.51	-0.10	0.39	0.56	0.04	-0.06	0.37	1.00					
M	-0.46	-0.00	-0.55	-0.49	0.07	0.03	-0.27	-0.81	1.00				
Mn	0.05	-0.06	0.12	0.38	-0.45	-0.42	0.32	0.36	-0.58	1.00			
Cu	0.09	-0.40	0.11	0.54	-0.18	-0.55	-0.02	0.15	0.05	0.05	1.00		
Areia grossa	-0.19	0.08	0.00	-0.19	-0.27	-0.20	-0.28	-0.08	-0.13	0.13	-0.10	1.00	
Argila	-0.23	0.05	0.13	-0.02	-0.06	-0.10	0.38	-0.12	0.24	-0.01	0.42	-0.39	1.00

Fonte: Autores (2023)

Os autovalores e as percentagens da variância explicada para as cinco variáveis dendrométricas, uma de produção e as sete variáveis físico-químicas do solo selecionadas, mostraram que os seis primeiros CP explicaram 90,50% da variação total, segundo o critério de Jolliffe (1972), explicada nos seis primeiros CP (Tabela 3).

Tabela 3 – Componentes principais (CP), percentagem da variância explicada pelas componentes (% var. CP) e acumulada (% var. CP/A) das variáveis dendrométricas selecionadas na primeira ACP

CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ_i	3.79	2.28	1.96	1.63	1.16	0.91	0.54	0.37	0.19	0.07	0.03	0.01	0.00
% Var. CP	0.29	0.17	0.15	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
% Var.P/A	0.29	0.46	0.61	0.74	0.83	0.90	0.94	0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00

Fonte: Autores (2023)



Os dois primeiros componentes (CP1 e CP2) explicam 46,80% da variância das variáveis avaliadas (Tabela 4), sendo que as variáveis idade das árvores e IMA são as mais importantes para estes dois componentes (Figura 2 e Tabela 4).

Tabela 4 – Variáveis e autovetores (ou coeficientes de ponderação) avaliados nos solos selecionados na primeira ACP

Variável	Autovetores													
DAP	0.36	0.21	-0.26	0.21	-0.02	-0.41	-0.03	0.05	-0.21	-0.37	0.11	-0.03	0.56	
AC	-0.23	0.37	0.21	-0.40	-0.20	0.10	-0.07	-0.35	-0.15	-0.22	-0.49	-0.20	0.23	
AT	0.23	0.23	0.11	-0.26	-0.58	-0.20	-0.10	0.42	0.10	-0.15	0.00	0.25	-0.35	
Idade	0.46	-0.19	-0.10	0.16	-0.02	-0.10	-0.15	0.02	0.03	0.13	-0.48	-0.59	-0.25	
Q_Oleo	-0.12	0.10	-0.35	0.37	-0.20	0.57	0.23	0.28	-0.30	-0.22	-0.20	0.03	-0.09	
IMA	-0.14	0.51	-0.30	-0.05	0.07	-0.25	0.09	-0.15	-0.36	0.28	0.26	-0.24	-0.40	
C	0.24	0.13	-0.28	-0.32	0.51	-0.06	0.33	0.03	0.12	-0.08	-0.39	0.38	-0.12	
SB	0.40	0.21	0.00	0.04	-0.11	0.34	0.23	-0.46	0.40	-0.24	0.34	-0.13	-0.12	
M	-0.39	-0.30	-0.21	-0.02	0.06	-0.27	-0.07	-0.09	0.11	-0.67	0.04	-0.14	-0.34	
Mn	0.29	-0.03	0.35	-0.20	0.38	0.27	-0.27	0.13	-0.50	-0.29	0.22	-0.05	-0.18	
Cu	0.20	-0.47	-0.08	-0.11	-0.34	-0.09	0.22	-0.45	-0.47	0.07	-0.02	0.28	-0.08	
Areia_grossa	-0.05	0.01	0.54	0.18	0.04	-0.24	0.71	0.16	-0.08	-0.10	-0.04	-0.19	-0.04	
Argila	-0.00	-0.24	-0.28	-0.60	-0.09	0.13	0.28	0.31	0.01	0.05	0.24	-0.40	0.25	

Fonte: Autores (2023)

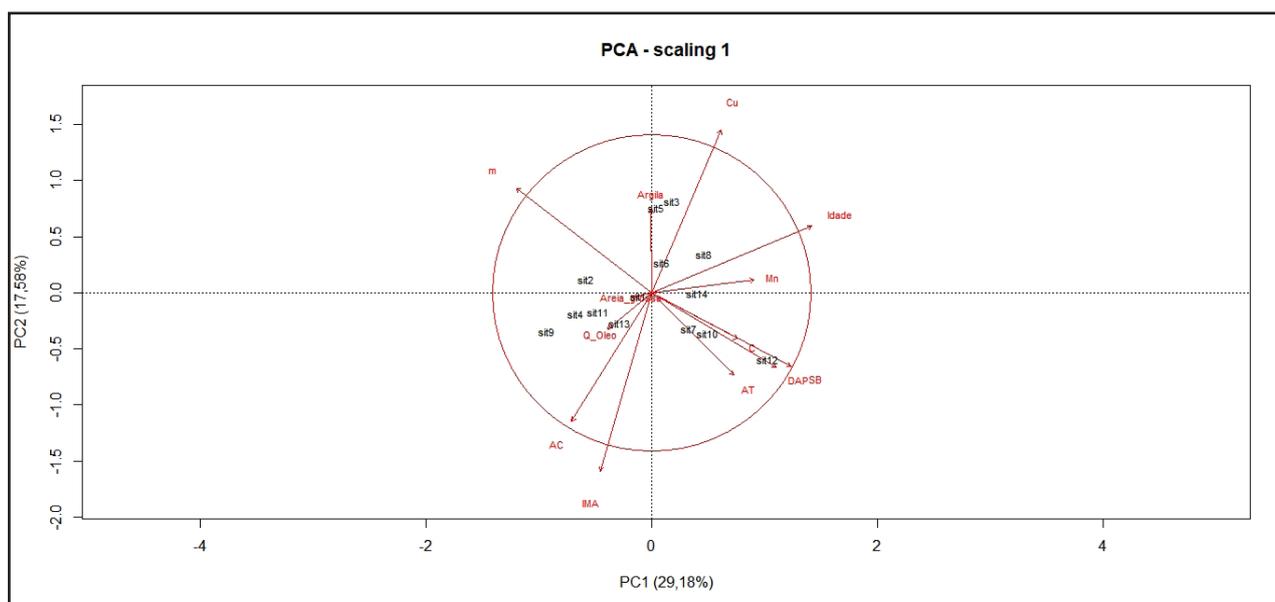
Com base na Tabela 4, e considerando os autovetores maiores que 0,7, as principais variáveis selecionadas foram: Idade (CP1), IMA (CP2), Areia grossa (CP3), Argila (CP4), AT (CP5) e Quantidade de óleo (CP6). Quanto à produção de oleorresina relacionado com AC e AT das árvores amostradas, foi encontrada correlação negativa e considerada fraca. Nesta pesquisa, os atributos de fertilidade do solo, com exceção do Índice de Saturação por Alumínio (m%), Soma das Bases (SB), Cobre (Cu) e (Mn), as demais apresentaram correlações baixas na ACP; desta forma os atributos do solo tiveram pouca influência na produção de oleorresina de copaíba.

Pode-se verificar que o elemento Índice de Saturação por Alumínio (m%) apresenta uma correlação negativa com as variáveis Soma das Bases (SB), Altura Total (AT) e Diâmetro Altura do Peito (DAP) e ao mesmo tempo que é oposto aos elementos



Cobre (Cu), Manganês (Mn) e idade. Quanto ao Manganês (Mn) tem correlação negativa moderada com a produção de oleorresina.

Figura 2 – Análise dos componentes principais CP1 e CP2 das variáveis dendrométricas e do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré/Amazonas



Fonte: Autores (2023)

Determinar a idade das árvores e as informações que podem ser extraídas a partir da análise dos anéis de crescimento são de extrema importância para o melhor entendimento e otimização do uso da floresta. E, ainda, fornece as informações sobre a idade da árvore, da dinâmica florestal, dos impactos e associações do crescimento com o clima, disponibilidade de nutrientes e eliminação de concorrentes (SILVEIRA, 2004; SPEER, 2010; LATORRACA, 2015; CARVALHO, 2018).

Santos (2018) e Machado (2015) afirmam em seus estudos que o conhecimento das variáveis altura e diâmetro de árvores, possibilita identificar as relações entre a produção, por meio do IMA. No entanto, Durgante (2016), estudando árvores dominantes na Amazônia considera que o crescimento em diâmetro aferido pelo



incremento é uma das variáveis de maior importância para avaliar o crescimento diamétrico de uma espécie. Também a taxa de crescimento de uma árvore é influenciada pela disponibilidade de recursos (água, nutrientes e luz), por características genéticas da espécie e pela competição entre as espécies. Durgante (2016) afirma ainda que não foi encontrada correlação significativa do incremento das espécies analisadas com as variáveis AC, AT e DAP das árvores amostradas.

Roquette (2018), que estudaram produtividade de oleorresina, afirmam que a produção tem correlação significativa com altura do fuste. Já em estudo realizado por Plowden (2003), verificou-se que à medida em que aumenta a idade das árvores, a proporção de indivíduos produtivos é maior, devido às evidências do acúmulo de oleorresina no cerne das árvores durante anos. Contudo, Roquette (2018), analisaram que enquanto o número de árvores produtivas aumentou de acordo com a idade dos indivíduos analisados, foi observado uma tendência oposta em relação ao IMA do DAP. Tais afirmações podem estar relacionadas ao crescimento dos indivíduos em condições ambientais não favoráveis, como déficit hídrico, ataque de pragas e doenças, possíveis atributos tóxicos do solo ou os períodos de senescência das árvores. No entanto, estudo realizado por Silva (2015), onde analisaram a variabilidade de atributos físicos e químicos do solo, através de ACP, mostraram que a ACP é um método que consegue indicar dentre os atributos do solo, aqueles que melhor explicam a variação na produção através de três componentes conseguiu explicar 86,3% da variabilidade total dos dados.

4 CONCLUSÕES

As variáveis mais importantes neste estudo para a região analisada foram a Idade, IMA, Areia grossa, Argila, AT e Quantidade de oleorresina, nesta sequência e se mostraram com fraca associação linear à quantidade produzida de oleorresina. A quantidade de óleo mostrou uma relação negativa com o teor de manganês no solo, apesar da concentração de Mn não estar além dos limites toleráveis pelas plantas, segundo a literatura.



Não houve relação entre a produção de oleorresina e as características dendrométricas da espécie. Existem ainda evidências de que a produção de oleorresina foi influenciada pelas classes de DAP e Idade das árvores. Além disso, pode-se observar que houve uma grande variação na produção de oleorresina nas copaibeiras amostradas. Os três grupos de copaibeiras foram bastante diferentes entre si, o que pode ser explicado pela distância entre as árvores amostradas, podendo ser indivíduos de populações diferentes ocorrendo em ambientes com grande variabilidade em termos dendrométricos, cronológicos e edáficos. Sugere-se a realização de estudos adicionais com ampliação da amostragem a fim de se estender os resultados para o município de Manicoré e também para todo o estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J. C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. Produção de oleorresina. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 12, n. 1, p.75-89, 1982.
- ANDRADE, V. H. F.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; BOTOSSO, P. C.; MIRANDA, B. P.; SCHÖNGARTD, J. Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. **Forest Ecology And Management**, v. 438, p. 215-223, Feb, 2019.
- ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. **Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade**. (Documentos 115). EMBRAPA, 2014.
- BARBOSA, K. S.; SCUDELLER, V. V.; ROSA, A. L. Potencial de produção de óleo resina de *Copaifera multijuga* Hayne nos dois períodos climáticos amazônico na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM. In: **Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo do Rio Negro, Amazônia Central**. v. 2, Cap. 12. UEA Edições, Manaus, 2009.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SC.20 Porto Velho; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p. 452, 1978.
- CARVALHO, D. C. C.; PEREIRA, G. M.; LATORRACA, J. V. F.; PACE, J. H. C.; SILVA L. D. S. A. B.; CARMO, J. F. Dendrochronology and growth of *Copaifera langsdorffii* wood in the vegetative dynamics of the Pirapitinga ecological station, state of Minas Gerais, Brazil, **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 49 - 58, jan./mar, 2018.
- COSTA, J. A. S.; QUEIROZ, L. P. *Copaifera sabulicola* (Leguminosae), uma nova espécie do cerrado brasileiro. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 2, p. 393-396, 2007.



COSTA, P. **Ecologia populacional de *Copaifera pubiflora* Benth. na Amazônia setentrional e suas implicações para o manejo do oleorresina.** Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE). Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2019.

DURGANTE, F. M. **Crescimento e incremento de espécies arbóreas dominantes na Amazônia central.** Tese (Doutorado em ciências florestais tropicais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM, 2016.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Revista Ciência Rural**, v. 31, n. 3, 2001.

EMBRAPA, Amazônia Oriental. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará.** Belém: Embrapa. Amazônia Oriental, 2010.

FERREIRA, L. A. **Potencial de extração e comercialização do oleorresina de copaíba (*Copaifera* spp.): um estudo de caso na Floresta Estadual do Antimary.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 1999.

IDAM, Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. **Relatório de atividades (RAIDAM)**, p, 50-55, Manaus, AM, 2019.

IDESP, Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará. **Cadeias de comercialização de produtos florestais não madeireiros na região de integração do Marajó, estado do Pará.** Belém, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2002. **Mapa de clima do Brasil.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 02 fev. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro, RJ - Brasil, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2018. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 20 de Mar. 2020.

JOLLIFFE, I. T. **Discarding variables in a principal component analysis.** I. Artificial data. *J. R. Stat., Soc., Serie C: Appl. Stat.*, London, v. 21, n. 2, p. 160-173, 1972.

LATORRACA, J. V. F.; SOUZA, M. T.; SILVA, L. D. S. A. B.; RAMOS, L. M. A. Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake de ocorrência na rebio de tinguá-RJ. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 39, n. 2, p. 385-394, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** v. 1, 4ª ed.. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002

MACHADO, F. S. **Manejo de produtos florestais não madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia.** Rio Branco, Acre: PESACRE e CIFOR, 2008.



MACHADO, S. A.; SOUZA, R. F.; APARECIDO, L. M. T.; RIBEIRO, A.; CZELUSNIAK, B. H. Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio, **Cerne**, v. 21, n. 2, Abr./Jun, p. 199 -207. 2015.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. 2ª ed. São Paulo: **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, Divisão de Madeiras. 1989.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, H. C. O Gênero *Copaifera* (Leguminosae - Caesalpinioideae) na Amazônia Brasileira. 2008. **Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Rodriguésia**. v. 59 n. 3, p 455-476, 2008.

MEDEIROS, R. S.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brasil. **Forest e Ecology and Management**, Fort Collins, v. 256, p. 282-288, July, 2008.

MEDEIROS, R. S.; VIEIRA, G.; ALMEIDA, D. R. A.; TOMAZELLO, M.; New information for managing *Copaifera multijuga* Hayne for oleoresin yield. in Manaus -AM, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 414, p. 85-98, 2018.

NASCIMENTO, J. C.; LANGENHEIM, J. H. Leaf sesquiterpenes and phenolics in *Copaifera multijuga* on contrasting soil types in a Central Amazonian rain forest. **Biochemica Systematics and Ecology**, v. 14, n. 6, p. 615-624, 1986.

NEWTON, P.; WATKINSON, A. R.; PERES, C. A. Determinants of yield in a non-timber forest product: *Copaifera* oleoresin in Amazonian extractive reserves. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 261, n. 2, p. 255-264, Jan, 2011.

NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1º Edição, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007

PLOWDEN, C. Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the Eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 4, p. 491-501, Feb. 2003.

PLOWDEN, C. **The ecology, management, and marketing of non-timber forest products in the Alto Rio Guamá Indigenous Reserve (Eastern Brazilian Amazon)**. Thesis (PhD in Philosophy) - The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 2001.

RÊGO, L.J.S.; SILVA, M. L.; SILVA, L. F.; GAMA, J. R. V.; REIS, L. P.; REIS, P. C. Caracterização do consumo de amêndoa de cumaru na Amazônia Oriental. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 23-27, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v7n3p23-27>

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; WADT, P. G. S.; WADT, L. H. O. **Copaíba: ecologia e produção de oleorresina**. Documento 91. 19 ed. p. 28, EMBRAPA: Rio Branco, Acre, Out. 2004.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; WADT, P. G. S.; WADT, L. H. O. Potencial de produção de oleorresina de copaíba (*Copaifera* spp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 30, n. 4, p. 583-591, 2006.



RIOS, P. D. A.; MORI, F. A. Estimativa de idade das árvores, massa específica e cubagem da casca de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 085-093, Mar, 2012.

ROQUETTE, J. G.; DRESCHER, R.; BRONDANI, G. E.; RONDON NETO, R. M; EBERT, A.; TEIXEIRA, L. R.; DIAS, A. P.; GAVA, F. H. Age and growth affect oleoresin yield from copaiba trees in the cerrado-amazonia ecotone. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 106-113, 2018.

SANTOS, M. L.; RODRIGUES, R. P.; SANTOS, C. R. C. S.; COSTA, B. C.; BARROS, W. S. Crescimento em diâmetro e altura dominante em plantios clonais de *Tectona grandis* Linn F. sob dois espaçamentos. **Enciclopédia Biosfera**, centro científico conhecer - Goiânia, v. 15, n. 28, p. 942, 2018.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agrônômicas**. n. 149. p. 10-16. Mar, 2015.

SILVEIRA, F. A. O. **Anatomia vegetal**. Curvelo: Faculdade de Ciências de Curvelo. Departamento de Ciências Biológicas de Anatomia Vegetal, 2004.

SNIF, Sistema Nacional de Informações Florestais. Produção Florestal. Serviço Florestal Brasileiro, **Boletim**, 2018. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/producao_florestal/PF_Extracao_PEVS_2018__pevs_2018_v33_informativo-IBGE.pdf. Acesso em: 15 jul. 2021.

SOUZA, F. D. R. **O manejo do oleorresina de *Copaifera* spp. realizado pelas etnias Arara (Karo rap) e Gavião (Ikolen) na Terra Indígena Igarapé Lourdes, Rondônia**. Dissertação (Mestrado em biologia tropical e recursos naturais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM, 2010.

SPEER, J. **Fundamentals of tree-ring research**. Tucson: The University of Arizona Press, 333p, 2010.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244. Mar, 1963.



Contribuição de Autoria

1 Luiz Rocha Maciel

Engenheiro Florestal, Me. em Ciências Florestais e Ambientais

<https://orcid.org/0000-0002-1629-861X> • lrochamaciel7@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Conceitualização; Análise de dados; Recebimento de financiamento; Pesquisa; Metodologia; Disponibilização de ferramentas; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Redação do manuscrito original; Escrita - revisão e edição; Design da apresentação de dados

2 Santiago Linorio Ferreyra Ramos

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0364-316X> • slfr@ufam.edu.br

Contribuição: Curadoria de dados; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Administração do projeto; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Supervisão; Validação de dados e experimentos

3 Kátia Emídio da Silva

Engenheira Florestal, Me. em Ciências Florestais, Dra. em Ciências Florestais e Estrutura Espacial de Florestas Tropicais, Pesquisadora

<https://orcid.org/0000-0003-1647-9696> • katia.emidio@embrapa.br

Contribuição: Conceitualização; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Disponibilização de ferramentas; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

MACIEL, L. R.; RAMOS, S. L. F.; SILVA, K. E. Relações dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne, no município de Manicoré-AM. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e69564, p. 1-20, 2023. DOI 10.5902/1980509869564. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509869564>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.