

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS

**RELAÇÕES DENDROMÉTRICAS, EDÁFICAS E DE PRODUÇÃO
DE OLEORRESINA DE *Copaifera multijuga* Hayne, no MUNICÍPIO
DE MANICORÉ-AM**

LUIZ ROCHA MACIEL

MANAUS - AM
2020

LUIZ ROCHA MACIEL

**RELAÇÕES DENDROMÉTRICAS, EDÁFICAS E DE PRODUÇÃO
DE OLEORRESINA DE *Copaifera multijuga* Hayne, no MUNICÍPIO
DE MANICORÉ-AM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

ORIENTADOR: Dr. Santiago Linorio Ferreyra Ramos, UFAM
CO-ORIENTADORA: Dra. Kátia Emídio da Silva, EMBRAPA

**MANAUS - AM
2020**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor

Maciel, Luiz Rocha

M152r Relações dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne, no município de Manicoré-Am. / Luiz Rocha Maciel . 2020
62 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Santiago Linorio Ferreyra Ramos

Coorientadora: Kátia Emídio da Silva

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. copaíba. 2. solo. 3. dendrocronologia. 4. idade. 5. multivariadas.
I. Ramos, Santiago Linorio Ferreyra. II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

LUIZ ROCHA MACIEL

RELAÇÕES DENDROMÉTRICAS, EDÁFICAS E DE PRODUÇÃO DE OLEORRESINA DE *Copaifera multijuga* Hayne, NO MUNICÍPIO DE MANICORÉ-AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Ciências Florestais e Ambientais.

Aprovada em 27 de agosto de 2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Santiago Linório Ferreyra Ramos - Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Roberval Monteiro Bezerra de Lima - Embrapa Amazônia Ocidental

Prof. Dr. Marcelino Carneiro Guedes - Embrapa Amazônia Ocidental



Documento assinado eletronicamente por **Santiago Linório Ferreyra Ramos, Professor do Magistério Superior**, em 27/08/2020, às 11:39, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberval Monteiro Bezerra de Lima, Usuário Externo**, em 01/09/2020, às 10:04, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelino Carneiro Guedes, Usuário Externo**, em 24/09/2020, às 12:33, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0290711** e o código CRC **BEEC24C6**.

Av. General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Coroado I Campus Universitário
Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Sul, Bloco FCA/ICB (Pós-Graduação), 2º andar - Telefone: (92) (92) 99128-6254
CEP 69080-900 Manaus/AM - ppgcifa@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.028818/2020-76 SEI nº 290711
Declaração PPGCIFA 0290711 SEI 23105.028818/2020-76 / pg. 1

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos meus pais Jacira Rocha Maciel e Hermenegildo Maciel da Silva (*in memoriam*) por sempre me incentivarem e encorajar perante as dificuldades.

A minha esposa Luciana Moraes e minha filha Layra Laís, por me entender nas horas e dia dedicado aos estudos.

Aos meus orientadores Dr. Santiago Ramos e Dra Kátia Emídio por toda orientação prestada, tempo dedicado, paciência disponibilizada, pela estrutura de pesquisa sobre sua responsabilidade. Pela confiança, amizade e dedicação.

À CAPES, por dois anos de bolsa que contribuíram na condução da pesquisa.

À Embrapa Amazônia Ocidental, por disponibilizar suas instalações, laboratórios, equipamentos, veículos e equipe técnica para a realização desse trabalho e ao Projeto Kamukaia III (Valorização dos produtos florestais não madeireiros na Amazônia).

A Dr^a Lina Bufalino e Larissa Parente da UFRA-PA, Dr. Jochen Schöngart - INPA, pelo acolhimento, orientações e disponibilidades de seus laboratórios para realização das análises.

Ao IDAM, por me liberar para realização desse estudo e pelo apoio logístico na coleta das amostras.

Ao DATEF, toda equipe da GPNM e NucGeo na pessoa do meu amigo Clausack Bonifácio pela contribuição e apoio.

Ao coordenador do programa, Dr^a. Rogério, ex. coordenador Dr^o. Marciel Ferreira, e à secretária do programa, Gillieny.

Aos amigos das coletas de campo: Cesar Augusto, Claudeci Fernandes, Getúlio Pereira, Júlio Cesar, Roderico de Lima, Rosiele Vasconcelos e Thiago dos Santos.

Ao meu amigo extrativista e entusiasta da produção de óleo de Copaíba Getúlio Pereira, pelo apoio nas atividades de campo.

Aos moradores da comunidade de São José e Terra Preta do rio Atininga pela permissão e consentimento para a realização da coleta desse material.

Meu muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no Município de Manicoré-AM e teve por objetivo determinar como as variáveis dendrocronológicas, dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina de copaíba (*Copaifera multijuga*), interação entre si, e com a própria produção de óleo, com o intuito de contribuir para o avanço do conhecimento sobre o manejo de copaibeiras naquela região. Foram amostradas 14 árvores de *Copaifera multijuga* para extração do oleorresina com o uso de um perfurador compacto BT 45, a 1 metro de altura. Do tronco das árvores foram coletadas informações dendrométricas (porte, diâmetro a altura do peito-DAP e alturas comercial e total, idade dos indivíduos e Incremento Médio Anual-IMA). Características edáficas do solo (20 cm de profundidade) foram obtidas no entorno de cada árvore. Em seguida, realizou-se uma análise descritiva com as variáveis observadas. Após, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis do solo, objetivando selecionar as variáveis mais importantes e reduzir o número de variáveis. Análise de correlação de *Pearson* foi realizada com as variáveis de solos selecionadas e as variáveis dendrométricas e de produção de óleo. Nova ACP foi realizada, incluindo as variáveis de solos selecionadas, as dendrométricas e produção de oleorresina. Com o intuito de se conhecer como as copaibeiras se assemelham em relação a todas as variáveis medidas, foi realizada uma análise de agrupamento hierárquico aglomerativo, utilizando a distância euclidiana e o método de agrupamento de Ward. Os resultados indicaram que as 14 árvores analisadas produziram óleo, com produção média de 226,79 ml \pm 126,91 (95% IC, n=14). As variáveis mais significantes neste estudo foram a Idade, IMA (Incremento Médio Anual), Areia grossa, Altura Total e Quantidade de óleo, nesta ordem. A idade média das árvores de *C. multijuga*, foi de 100,36 anos \pm 11,88 e foi observada baixa correlação entre a idade e produção de óleo. Foi observado também que quanto maior a idade das árvores maior o DAP. A quantidade de óleo mostrou estar correlacionada negativamente com o teor de manganês no solo, apesar da concentração de Mn não estar além dos limites toleráveis pelas plantas, não representando risco de toxicidade. No contexto geral das variáveis analisadas, a Idade, Incremento Médio Anual, areia grossa, argila e quantidade de óleo responderam por aproximadamente 84% da variabilidade do conjunto de dados analisado. A análise de agrupamento, no contexto de todas as variáveis, evidenciou a formação de três grupos, onde a

distância geográfica entre os indivíduos observa-se não ter influenciado o agrupamento destes, do ponto de vista de similaridade biótica e abióticas medidas. 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, e que estudos adicionais devem ser realizados com um número maior de amostras para corroborar tais observações.

Palavras-chave: copaíba, PFNM, solo, dendrocronologia, DAP e idade, Multivariadas.

ABSTRACT

This paper was developed in Manicoré, a county at the State of Amazonas and its goal is to determinate how the dendrochronological, dendrometric, edaphic, and copaiba oleoresin production (*Copaifera multijuga*) variables interact with each other, and with the oil production itself, in order to contribute to the advancement of the copaibeiras' management knowledge. Fourteen *Copaifera multijuga* trees were sampled to extract the oleoresin with the use of a compact BT 45 driller, at 1 meter high. Dendrometric information was collected from the tree trunk (size, chest height diameter-DBH, commercial and total heights, age of individuals and Mean Annual Increment (IMA). Edaphic soil characteristics (20 cm depth) were obtained around each tree. Then, a descriptive analysis was then performed with the observed variables. After this, the Principal Component Analysis (PCA) of the soil variables was applied, aiming to select the most important variables and to reduce the number of variables. Pearson's correlation analysis was performed with the selected soil variables and the dendrometric and oil production variables. New PCA was made, including the selected soil variables, the dendrometric and oleoserin production. To know how the copaibeiras resemble all the measured variables, a hierarchical cluster analysis was made, using the Euclidean distance and the Ward cluster method. The results indicated that the 14 analyzed trees produced oil, with an average production of $226.79 \text{ ml} \pm 126.91$ (95% CI, n=14.). The most significant variables in this research were Age, MAI (Mean Annual Increment), Coarse Sand, Total Height, and amount of oil. The *C. multijuga* trees average age was $100.36 \text{ years} \pm 11.88$ and it was noticed that there was a low correlation between age and oil production. It was also observed that the higher the age of the trees, the higher the DAP. The amount of oil showed to be negatively correlated with the manganese content in the soil, although the Mn concentration is not beyond the plant's tolerable limits, not representing toxicity risk. In the analyzed variables general context, age, Mean Annual Increment, coarse sand, clay, and oil quantity accounted for approximately 84% of the variability of the data set analyzed. Cluster analysis, in the context of all variables, evidenced the formation of three groups, where it can be observed that the geographical distance between individuals does not influence its cluster, from the point of view of measured biotic and abiotic similarity. It must be stand out that in general, the plasticity of copaibeiras has been observed to occur in the various concentrations of the analyzed variables, which suggests that this species has adapted to different soil

conditions, and which additional studies should be carried out with a larger number of samples to support such observations.

Keywords: copaiba, PFNM, soil, dendrochronology, DAP, and age, multivariate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo dendrométricas e edáficos com <i>Copaifera multijuga</i> no município de Manicoré - AM.....	23
Figura 2. Mapa de localização das 14 árvores de <i>C. multijuga</i> Hayne amostradas, no município de Manicoré em março de 2019.....	25
Figura 3. Extração do oleorresina do tronco de árvore de <i>C. multijuga</i> Hayne com uso do BT 45.....	25
Figura 4. Extração do óleo resina de árvore de <i>C. multijuga</i> Hayne, mostrando mangueira acoplada a bombona.....	26
Figura 5. Vedação do orifício após extração do oleorresina do tronco de árvore de <i>C. multijuga</i> Hayne.	26
Figura 6. (a) coleta da amostra do lenho a 1 m de altura do tronco; (b) seção transversal do tronco e indicação do alinhamento de extração das amostras do lenho; (c) amostra do lenho retirada pela sonda de Pressler.	27
Figura 7. (a) processo de lixamento das amostras; (b) marcação dos anéis de crescimento com auxílio de lupa microscópio.....	28
Figura 8. Desenho amostral da coleta do solo sob cada árvore de <i>C. multijuga</i> Hayne.....	29
Figura 9. Coleta do solo sob cada árvore de <i>Copaifera multijuga</i> Hayne.....	29
Figura 10 - Distribuição da produção de oleorresina de <i>Copaifera multijuga</i> em classes de DAP de amplitude de 10 cm, de 14 árvores amostradas, no município de Manicoré-AM.....	34
Figura 11. Análise dos componentes principais (PC1 e PC2) de 24 variáveis do solo, na profundidade de 0-20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré-AM.	38
Figura 12. Análise dos comp. Princ. (PC1 e PC2) das variáveis dendrométricas e do solo, na profundidade de 0-20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré-AM.	41
Figura 13. Gráfico de barras mostrando as larguras médias para diferentes possíveis agrupamentos dos 14 indivíduos.....	44
Figura 14. Reamostragem (<i>bootstrap</i>) em escala múltipla aplicada ao dendrograma formado pelo agrupamento hierárquico aglomerativo de método de Ward (1963). Destacando o <i>bp</i> (cor verde) como probabilidade de reamostragem do a.....	45
Figura 15. Dendrograma obtido de três grupos, pelo agrup. hierárquico aglom. pelo método de Ward (1963), utilizando dist. euclidianas, nas variáveis dendrocrn. e as variáveis da análise físico-químico do solo, obtidas das 14 árvores amostradas de copaíba (<i>Copaifera multijuga</i>).....	45

SUMÁRIO

1. PROBLEMA	12
2. INTRODUÇÃO.....	13
3. HIPÓTESES	15
4. OBJETIVO GERAL.....	16
5. REVISÃO DE LITERATURA	17
6. MATERIAL E MÉTODOS	23
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
6.1.1 Clima.....	23
6.1.2 Solo.....	24
6.2 COLETA DE DADOS	24
6.2.2 Variáveis dendrométricas e dendrocronologia.....	27
6.2.3 Coleta do solo.....	28
6.2.4 Análise dos dados.....	29
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7.1 Análise descritiva	32
7.2 Seleção das principais variáveis físico-químicas do solo.....	36
7.3 Associação entre variáveis dendrométricas, edáfica e de produção.....	40
7.4 Associação entre as copaibeiras	43
8. CONCLUSÃO	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE A	61

1. PROBLEMA

A *Copaifera multijuga* Hayne conhecida como copaíba, tem grande importância social, econômica e ambiental. Sua árvore produz um tipo de oleorresina extraído do seu tronco com valor comercial reconhecido mundialmente. É frequentemente encontrado nos mercados e feiras das cidades da região norte e comercializados para mercados nacionais e internacionais, sendo um complemento na composição da renda familiar dos extrativistas.

No Brasil, a maioria da produção de óleo é oriunda do extrativismo, havendo poucas informações, do ponto de vista científico sobre características ecológicas, densidade e qualidade do óleo. Também faltam informações sobre regeneração, melhores épocas para extração, características dendrométricas, edáficas, dendrocronológicas, anatômicas, dentre outras, e como estas variáveis se correlacionam com a produção de oleorresina.

Neste contexto, na comunidade de São José e Terra Preta no rio Atininga, onde a copaíba é amplamente explorada para extração de oleorresina, não foram encontrados estudos que auxiliem na compreensão sobre as relações entre as variáveis de solos, dendrométricas, incluindo a idade das árvores e produção de oleorresina. Essas informações são importantes para conferir maior sustentabilidade à atividade produtiva da espécie, o que pode auxiliar nas tomadas de decisões sobre manejo adequado e também para propor melhorias de política públicas para esse produto, refletindo na geração de renda para as populações tradicionais.

2. INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos não madeireiros da floresta amazônica, conhecidos como Produtos Florestais Não Madeireiros - PFNM, deve ser realizada de forma racional, para manter a biodiversidade, possibilitar sua rentabilidade e estabelecer caminhos para o desenvolvimento sustentável (MACHADO, 2008). São muitas e variadas as possibilidades de uso destes PFNM, em vários seguimentos da indústria, sendo bastante valorizado no mercado. Cada vez mais são utilizados como fonte de matéria-prima destinada à geração de bioprodutos e, dessa forma, tem se a possibilidade de realizar o uso sustentável dos recursos amazônicos (MELO et al., 2010), de maneira a contribuir, para a geração de renda das comunidades extrativistas, (SANTANA et al., 2008).

Existe um grande número de espécies florestais que apresentam potencial de manejo sustentável de PFNM e entre elas está a copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), que produz óleo muito apreciado no mercado nacional e internacional. No Brasil existem 28 espécies deste gênero *Copaifera*, sendo 22 endêmicas, e 12 espécies e duas variedades de ocorrência na Amazônia (VEIGA JUNIOR e PINTO, 2002; COSTA e QUEIROZ, 2007; COSTA, 2019).

O oleorresina é extraído tradicionalmente do tronco das árvores, se tornando importante por ser fonte de renda, devido uso medicinal e de ter fácil processo de obtenção. De acordo com dados do IBGE (2018), o Brasil produziu 165 toneladas de oleorresina de copaíba. O Estado do Amazonas contribuiu com 88% da produção nacional e o município de Manicoré produziu 11% da produção estadual em 2018 (IDAM, 2019), sendo o Estado do Amazonas o maior produtor de óleo de copaíba da região Norte e do Brasil. Além da boa apreciação do oleorresina da copaíba, sua madeira é também utilizada na construção civil e exhibe características favoráveis de comercialização. Porém, há restrições legais ao corte de sua madeira, indicando o uso alternativo mais rentável que é a produção de óleo (ZENID, 2009). A partir de 2005, através do Decreto nº 25.044/2005, publicado pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas - SDS, o licenciamento para corte, transporte e comercialização da madeira de copaíba ficou proibido.

Os estudos realizados têm sido na tentativa de encontrar correlação entre aspectos que interferem na produção de oleorresina do gênero *Copaifera*. Apesar dessas informações obtidas com os estudos, ainda 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. Apesar dessa gama de informações já existentes, esse conhecimento não

chega às pessoas mais interessadas que são os extrativistas que trabalham com a extração do óleo, proporcionando a eles conhecimento e informações sobre a importância, o valor e manejo desses recursos, para utilizá-las com vistas à comercialização, e consequente complementação de renda. Por falta de conhecimento e práticas inadequadas este fato pode colocar em risco a conservação da espécie ao longo do tempo, prejudicando a sustentabilidade da floresta. Diante do exposto, este estudo objetivou analisar os aspectos das relações dendrométricas, edáficas e de produção de oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne, na região sul do Amazonas no município de Manicoré - AM. As informações científicas geradas serão úteis para a formulação de políticas públicas, estratégias de conservação da espécie, melhoria nos procedimentos de manejo e elaboração de materiais didáticos para uso racional da espécie.

3. HIPÓTESES

As principais hipóteses para o desenvolvimento da presente pesquisa são:

- (i) Atributos dendrométricos das copaibeiras relacionam com a produção de oleorresina;
- (ii) As características físico-químicas do solo influenciam a produção de oleorresina.

4. OBJETIVO GERAL

Compreender como as variáveis dendrocronológicas, dendrométricas, edáficas e produção de oleorresina de *Copaifera multijuga*, estão associadas, em uma área em Manicoré, no Amazonas.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a estrutura diamétrica de copaibeiras amostradas em Manicoré;

Realizar estudos dendrocronológicos das árvores de *C. multijuga*, visando determinar a idade das árvores e sua relação com a produção de oleorresina;

Identificar quais variáveis edáficas mais se correlacionam com a produção de oleorresina de copaibeiras.

5. REVISÃO DE LITERATURA

A diversidade biológica da Amazônia é resultado de um processo crescente de milhões de anos e sobre o seu valor ninguém tem dúvidas. Muito difícil e caro é transformar essa biodiversidade em recursos, gerando renda para as famílias que dependem para a sua sobrevivência (HIGUCHI e HIGUCHI, 2012).

Na Amazônia, o manejo extrativista de Produtos Florestais Não Madeireiros - PFNM, possibilita o aproveitamento comercial da biodiversidade, diminuindo os danos à floresta, promovendo o uso múltiplo dos recursos naturais para obtenção de vários produtos. Desta maneira, a floresta passa a ser uma grande unidade produtiva para as populações, onde a geração de renda é maior em virtude de muitos produtos obtidos (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; MACHADO, 2008).

A complexidade para se compreender as características biológicas, genéticas, ecológicas, fisiológicas e silviculturais de inúmeras espécies que ocorrem na região tem dificultado métodos ou procedimentos do manejo de PFNM. Entre tanto, sabe-se que os PFNM representam alternativas viáveis para estímulo à conservação e promoção do desenvolvimento de comunidades (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; ELIAS e SANTOS, 2016).

Nas últimas décadas, várias pesquisas científicas têm procurado entender a importância das florestas, pois sempre se soube que elas são fontes de produtos para os seres humanos (AMAZONAS, 2009). Entre tantos produtos da biodiversidade, vários recursos podem ser destacados, entre eles os PFNM que são muito valiosos como a castanha-do-brasil, borracha, óleos vegetais, celulose, madeiras, frutos, entre outros (HIGUCHI e HIGUCHI, 2012).

Diversas comunidades extrativistas e empresas que utilizam produtos provenientes da floresta têm informado que os PFNM possuem potencial econômico e por conta da variedade de produtos possui várias possibilidades de incluí-los nos mais diferentes mercados (HOMMA, 2014). Entre esses produtos está o oleorresina de copaíba que apresentou nos últimos anos crescimento de mercado. O responsável por esse crescimento é a busca por produtos da sociobiodiversidade para a indústria cosmética, farmacêutica e o desenvolvimento de técnicas simples de extração do oleorresina de copaíba (CALDERON, 2013).

Pertencente à família Fabaceae - Leguminosae - Caesalpinoideae, a *Copaifera*, popularmente conhecida como: copaíba, copaíba vermelha, copaíba da várzea - AM,

Marimari e entre outros, apresenta altura de 25 a 40 metros, com tronco de 50 a 80 cm de diâmetro, copa globosa densa. Ocorre em Goiás, Minas Gerais, Paraná, Amazônia, entre outros. O gênero *Copaifera* possui 28 espécies encontradas no Brasil, sendo que 12 espécies tem registro de ocorrência na Amazônia brasileira e duas variedades: *Copaifera duckei*, *C. glycyarpa*, *C. guyanensis*, *C. langsdorffii*, *C. martii*, *C. multijuga*, *C. paupera*, *C. piresii*, *C. pubiflora*, *C. reticulata* e *C. oblongifolia*, além das variedades: *C. martii* Hayne var. *martii* e *C. oblongifolia* var. *dawsoni* representadas tanto por arbustos como árvores (LORENZI, 2002; COSTA e QUEIROZ, 2007; MARTINS et al., 2013; COSTA, 2019). De acordo com Pinto (2010) as espécies ocorrem em diversos tipos de ambientes como terra firme, várzea, solo arenoso, solo argiloso. A maior produtora de oleorresina de copaíba no Brasil é a Região Norte, com as principais espécies produtora de oleorresina sendo *C. reticulata* Ducke responsável por 80% da produção brasileira, *C. multijuga* Hayne com 5% e *C. guianensis* Desf., com 10% , apesar de na Amazônia, o oleorresina também ser obtido de outras espécies (COSTA, 2007).

A *Copaifera multijuga*, possui casca lisa, persistente, de coloração cinza a cinza-avermelhada, com estrias verticais e superficiais. O tronco tem áspero de coloração escura. Geralmete, a forma do fuste é cônica, mas podem ocorrer fustes cilíndricos, podendo apresentar sapopemas discretas. A copa é geralmente circular a irregular, as folhas são compostas, alternadas, pecioladas, medindo de 12 a 23 cm, com 8-20 folíolos elípticos e alternos (VEIGA-JUNIOR e PINTO, 2002; BRUM et al., 2009; BARBOSA, 2012). De acordo Rigamonte- Azevedo et al. (2004), Brum et al. (2009) e Barbosa (2012), as flores são brancas, pequenas, apétalas, hermafroditas e arrançadas em panículos axilares. É alógama com polinização cruzada realizada por abelhas *Trigona* sp., e *Apis mellifera* (SAMPALIO, 1999; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004; BRUM et al., 2009). No Estado do Amazonas, a floração da *C. multijuga* ocorre nos meses de janeiro a abril, que corresponde a período chuvoso na região; e de maio a setembro ocorre a frutificação, no período da estação seca (ALENCAR et al., 1979; BRUM et al., 2009; BARBOSA, 2012).

Segundo Lorenzi (2002) e Martins-da-Silva et al. (2008), a copaíba fornece tanto madeira como óleo de copaíba; um líquido terapêutico, utilizado na preparação de medicamentos, cosméticos e tintas, sendo a seiva extraída mediante furos no tronco das árvores até atingir o cerne. O óleo também pode ser encontrado em pequenas bolsas distribuídas nas folhas e no xilema primário, e a secreção ocorre em canais secretores

presentes em todas as partes da planta (ALENCAR, 1982). Já Medeiros (2016), em estudos realizados na região de Manaus, com a espécie *C. multijuga* verificou que apesar do oleorresina ser sintetizado nas células dos canais secretores, os mesmos são responsáveis apenas pela secreção, sendo o óleo transportado pelas células especializadas do raio até os vasos localizados no cerne da árvore, onde o oleorresina fica armazenado. Esse oleorresina também torna a madeira da copaibeira muito resistente ao ataque por cupins e fungos (PINTO et al., 2010).

O óleo de copaíba varia de coloração do amarelo ao marrom escuro, apresentando cheiro forte e sabor amargo (HECK et al., 2012). Rigamonte-Azevedo (2004) analisando as características físicas do óleo da copaíba, notou que eles variam de transparente a opaco, mais ou menos viscoso, de coloração variada desde o amarelo-pálido até o castanho-claro dourado. Já Barbosa et al. (2009) e Medeiros et al. (2018), analisando a produção do óleo de *Copaifera multijuga* em Manaus - AM, observaram que o oleorresina teve uma coloração variando do amarelo claro (translúcido), amarelo escuro (opaco) ao marrom escuro. Conforme Leite et al. (2001), para a indústria farmacêutica os óleos claros são os mais preferidos e os de coloração escuras para fabricação de sabão e uso medicinal caseiro.

O oleorresina da copaíba é rico em sesquiterpenos em sua composição leve, e diterpenos na fração mais densa e resinosa (PINTO et al., 2013). Medeiros et al. (2018) analisando o óleo de *Copaifera multijuga*, observou que a fração predominante do oleorresina é constituída por hidrocarbonetos sesquiterpênicos.

São vários os métodos usados para a extração do óleo de copaíba, indo desde corte com machado no tronco das copaibeiras até o processo de extração total, com a derrubada da árvore de onde é aproveitada a madeira (VEIGA JUNIOR e PINTO, 2002). A extração do óleo com o uso do trado é a mais recomendada, pois causa menos danos à árvore, onde para a retirada do oleorresina deve-se furar a árvore com um trado na altura do peito, girando-o no sentido horário, furando o tronco até o centro do caule, e quando houver a presença de óleo é necessário colocar o cano no furo e esperar escorrer utilizando mangueiras acopladas a bombonas higienizadas (HECK et al., 2012; EMBRAPA, 2015).

Estudos têm sido realizados buscando compreender os fatores que interferem ou influenciam na produção de oleorresina de copaíba. Segundo Rigamonte-Azevedo et al. (2006), a quantidade de óleo e a porcentagem de árvores produtivas podem variar de acordo com a genética de cada espécie, diâmetro, altura das árvores e o tipo de solo. Outros fatores

como idade, anatômicos, tipo de manejo para a retirada do oleorresina, de acordo com o período sazonal, competição e ataque de pragas também tem sido estudado objetivando compreender estas diferenças na proporção de oleorresina (ALENCAR, 1982; COSTA, 2007; MARTINS et al., 2013; SILVA, 2014; ROQUETTE et al., 2018; KLAUBERG et al., 2014; MEDEIROS et al., 2018). A extração do óleo quando conduzida de forma inadequada pode levar a morte do indivíduo, ou ainda, gerar resultados desconhecidos (COSTA, 2007). Apesar desses estudos, em relação ao gênero *Copaifera*, pouco ainda se conhece sobre sua grande variabilidade, morfologia e influência dessas características aliadas aos fatores edáficos na produção do óleo resina de determinadas regiões (BARBOSA et al., 2009).

Estudo realizado no Acre observaram que a copaíba ocorre em baixas densidades, variando de 0,07 a 2 árvores por hectare, com estrutura diamétrica em J invertido e sua produção média de oleorresina varia de 0,3 a 3 litros-árvore⁻¹ (RIGAMONTE-AZEVEDO et al. 2004 e 2006). Wadt et al. (2007), estudando o efeito do tipo e época de extração na produção de oleorresina de copaíba nos Estado do Acre, Roraima, Rondônia, Pará e Amapá notou que 85 árvores furadas produziram um total de 16,4 litros de oleorresina, com produtividade de 0,19 litro-árvore⁻¹. A densidade populacional observada por Silva (2014) no município de Paragominas - PA, foi de 0,17 copaibeiras ha⁻¹. Já Barbosa et al. (2009) em estudo realizado em 13 ha na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, comunidade Colônia, no município de Manaus, encontraram em seus estudos uma densidade de *C. multijuga* de 1,7 árvores ha⁻¹ e produção de 0,32 litros-árvore⁻¹ no período chuvoso e 0,03 litros-árvore⁻¹ no período seco. Já Newton et al. (2011), em estudo realizado na região do Juruá no município de Carauari, encontrou densidade de 0,22 árvores há⁻¹ de *C. multijuga*.

O diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e diâmetro de copa foram analisados para compreender a relação destes com a produção de oleorresina de copaíba (MEDEIROS et al., 2018). Esses autores mostraram que as árvores de *C. multijuga* com DAP > 41 cm são mais eficientes para extração de oleorresina, devido à sua alta produção na primeira coleta. Alencar (1982) em estudos realizado no Município de Manaus, analisou correlações de produção de oleorresina com diâmetro da copa e altura total de 82 árvores de *C. multijuga*, porém não foram significativas, encontrando baixa correlação.

Medeiros (2018) analisando a extração de oleorresina relacionada ao manejo de *Copaifera multijuga* na estação experimental do INPA no município de Manaus, também informa que o DAP mínimo é de 45 cm, pois árvores com menores diâmetros não produzem

oleorresina suficiente. Segundo Rigamonte-azevedo et al. (2006), no estado do Acre, apenas 29% das árvores sadias com DAP > 35 cm produziram óleo. Entretanto, Barbosa et al. (2009) no Amazonas, notaram que não houve diferenças estatísticas significativas entre DAP e altura para produção de óleo.

Em florestas da Amazônia Brasileira, estudos realizados mostram que a maior produção de oleorresina de *C. multijuga* ocorre em período de maior precipitação pluviométrica (ALENCAR, 1982; BARBOSA et al., 2009). De forma semelhante, também Batista et al. (2012), estudando a produção sazonal do oleorresina no Estado do Pará, observaram que as maiores produções de oleorresina para todas espécies de *Copaifera*, analisada ocorreram no período chuvoso, levantando a possibilidade de que a água disponível possa ser um fator relevante para a produção de oleorresina. Entretanto, trabalhos conduzidos por Ferreira e Braz (2001) na floresta estadual do Antimari no estado do Acre, relataram que na coleta de oleorresina a maior produção obtida foi no período seco, semelhante aos estudos feitos por Oliveira et al. (2006) onde as maiores produções de óleo para a espécie *C. reticulata* e *C. duckei*, ocorreram no período de menor precipitação pluviométrica. Já Medeiros et al. (2018), não encontraram diferença significativa na produção de oleorresina de *C. multijuga* entre os dois períodos chuvoso e seco. As diferenças observadas nas proporções de árvores produtivas para o período chuvoso e período seco ainda não tem uma explicação científica, porém, é uma variável para a avaliação do potencial de produção de uma determinada área (BARBOSA et al., 2009).

Em estudos com *Copaifera multijuga* na Amazônia Central, Alencar (1982) observou a relação da textura do solo (arenoso ou argiloso) com a produção de oleorresina, relatando a maior produção média obtida em solo argiloso. Rigamonte-Azevedo et al. (2006) estudando o potencial de produção de oleorresina de copaíba no sudoeste da Amazônia, observaram que a produção de óleo foi independente do ambiente (terra firme ou baixio). Já Newton et al. (2011), observaram que as espécies de copaíba analisadas entre elas *C. multijuga* em floresta de terra firme produzia mais oleorresina do que aquelas em várzea, e que a espécie *C. guyanensis*, ocorre em ambos ambientes (terra firme e várzea). Entretanto, Roquette et al. (2018), observaram que não existe relação direta entre a produtividade de oleorresina e as características edáficas do solo superficial. Segundo Medeiros et al. (2018), quanto a influência do tipo de solo sobre a composição química do oleorresina, notou-se que as proporções das frações de sesquiterpenos e de diterpenos permaneceram inalteradas em

relação ao teor de argila, mostrando que a produção de óleo não tem efeito dos diferentes tipos de solo.

A dendrocronologia é a ciência que estuda os anéis, ou camadas de crescimento do lenho e a sua relação com a idade das árvores; sua nomenclatura provém do grego “*dendron*”, que significa árvore, “*Kronos*” (tempo) e “*logos*” (ciência) (TOMAZELLO FILHO; BOTOSSO; LISI, 2001). Essa ciência também ajuda a compreender a relação entre os anéis e as condições ambientais, fazendo com que eles funcionem como arquivos naturais que nos permitem identificar e datar um grande número de acontecimentos ambientais, tais como: incêndios, inundações, aumento da concentração de CO₂, furacões, pragas, entre outros (FRITTS, 1976). O potencial dendrocronológico para se estimar a idade e crescimento diamétrico das árvores já é uma etapa vencida para muitas espécies, apesar de ser importante a ampliação do conhecimento para locais ou espécies ainda não estudadas (MATTOS et al., 2011).

A contagem dos anéis de crescimento anuais pode ser feita em amostras do lenho a partir de métodos destrutivos e não destrutivos. No método destrutivo, a árvore é cortada próximo à base, onde é retirado um disco do lenho, e posteriormente preparado para a datação. O método não destrutivo baseia-se nas amostras do lenho das árvores vivas retiradas com auxílio de sonda de incremento, onde após a coleta as amostras são secas e polidas para a visualização dos anéis de crescimento e posterior datação (PALERMO et al., 2002).

Em estudos dendrocronológicos de *Copaifera langsdorffi*, Carvalho et al. (2018) mostraram sincronização da série cronológica de 19 árvores entre as 30 estudadas (63%). Estas mostraram uma variação de 15 a 62 anéis de crescimento, onde a média de idade com sincronização satisfatória era de 35 anos. Além disso, foi possível afirmar que a origem dos anéis de crescimento da população de copaíba é influenciada pelos fatores meteorológicos, pois favoreceu o crescimento de madeira nas estações mais quentes e mais úmidas. Na dendrocronologia de *Copaifera multijuga* realizada no Amazonas, as árvores apresentaram idades superiores a 50 anos, onde houve uma relação direta entre a idade das árvores e a produção de oleorresina; entretanto, não foi identificada uma idade comum para o momento em que as árvores cessam a produção (MEDEIROS et al., 2018).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em uma área situada na comunidade de São José e Terra Preta no rio Atininga município de Manicoré, na região Sul do Amazonas, nas coordenadas geográficas 5°39'03,45"S e 61°02'26,17"W.

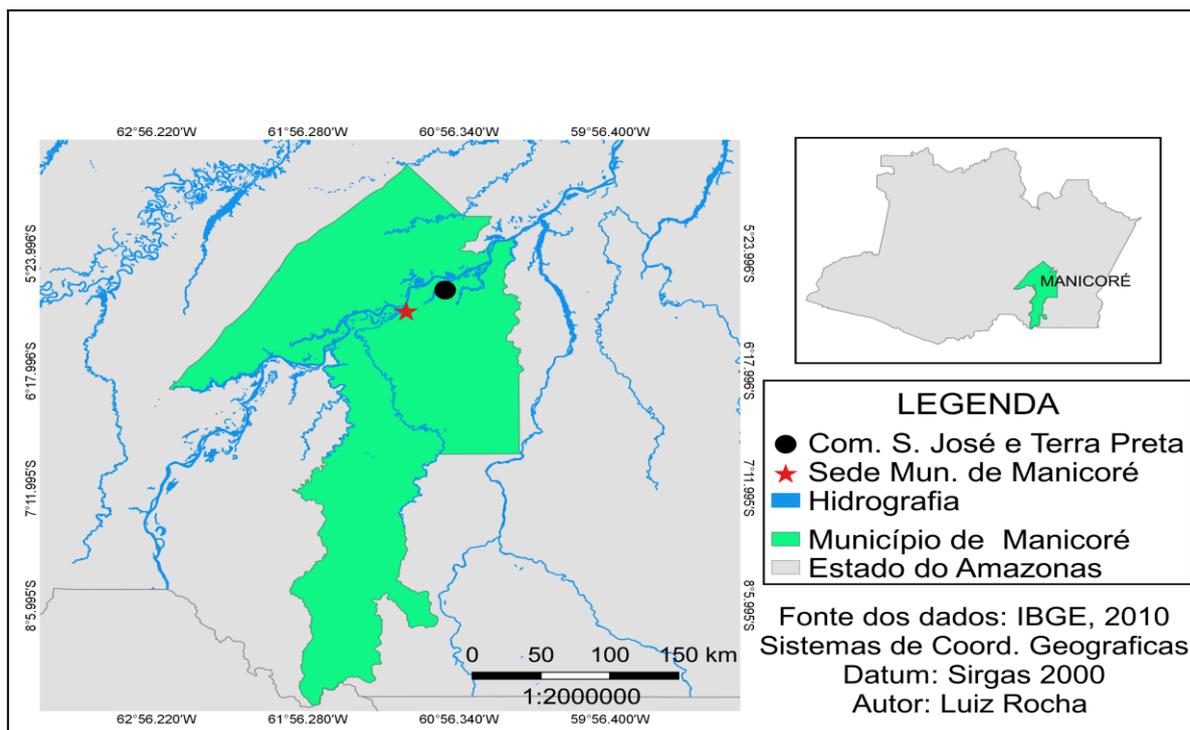


Figura 1 - Localização da área de estudo dendrométricos e edáficos com *Copaifera multijuga* no município de Manicoré - AM.

A vegetação da região é composta predominantemente por Floresta Ombrófila Densa, que representam aproximadamente 65,4 % da vegetação natural existente, tendo outros tipos de vegetação sem predominância (SILVA e PEREIRA, 2005; SDS, 2010; IBGE, 2012).

6.1.1 Clima

O clima da região é do tipo tropical quente úmido com bastante variação, principalmente quanto à distribuição de chuvas, com elevada pluviosidade, que é um dos aspectos mais característicos da região, com variação entre 2.200 a 2.800 mm e temperaturas médias anuais variando entre 25° e 27°C. A umidade relativa do ar situa-se entre 85 e 90 %, cuja zona climática, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima

Tropical Chuvoso), caracterizada pelo tipo Am, que apresenta um período seco de junho até outubro (BRASIL, 1978; IBGE 2002: SILVA et al., 2016).

6.1.2 Solo

Os solos predominantes na região são caracterizados como Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelo ácidos, bem drenados, de textura média a argilosa. Ocorrem nos planaltos que somam 53 % da área total da região que envolve o município de Manicoré. Gleissolos e Neossolos Flúvicos predominam nas planícies de inundações, com 9 % dos solos do Amazonas, sendo em sua quase totalidade férteis quimicamente quando ocorrem nas margens dos rios da região. Ao longo do Rio Madeira ocorre uma faixa de Gleissolos háplicos típicos das várzeas de rios de água barrenta (BRASIL, 1978; CAMPOS, 2009; AQUINO et al., 2014).

6.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados em março de 2019, utilizando uma amostragem inteiramente casualizada (IBGE, 2012) em 14 árvores de *Copaifera multijuga* Hayne (Marimari), com Diâmetro Altura do Peito (DAP) >30 cm, (ALENCAR, 1982; MEDEIROS e VIEIRA, 2008; SOUZA, 2010; MEDEIROS et al., 2018), cujas árvores fazem parte do grupo de indivíduos que tem o óleo extraído pelos comunitários que habitam a região. Procurou-se amostrar árvores de diferentes classes de DAP e distâncias entre indivíduos de pelo menos 100 metros de forma a contemplar possíveis variações nas características de solos. Amostras de material botânico foram coletados para identificação no herbário do INPA. Todas as árvores foram georreferenciadas com auxílio do GPS Portátil MAP 78s, coordenadas UTM, datum WGS 84. Estas coletas ocorreram no período chuvoso (março de 2019), sendo extraído o oleorresina apenas uma vez nos 14 indivíduos amostrados.



Figura 2 – Mapa de localização das 14 árvores de *Copaifera multijuga* Hayne amostradas, no município de Manicoré em março de 2019.

6.2.1 Processo de extração do oleorresina

O método adotado para a extração do oleorresina foi o mesmo utilizado por Alencar (1982) e Medeiros et al. (2018). A extração do oleorresina do tronco das árvores foi realizada no mês de março de 2019, correspondente ao período chuvoso na região de Manicoré.

Para realizar a extração do oleorresina das copaibeiras foi realizado um furo no tronco a 1 (um) metro de altura em relação ao solo, com profundidade até atingir a região da medula. Foi utilizado um perfurador de madeira STIHL BT 45, com broca de 19x460 mm (Figura 3), que substitui o trado manual de $\frac{3}{4}$ de polegada. O local do orifício foi definido conforme a orientação do tronco das árvores, sendo realizado na direção em que o tronco principal se inclina.



Figura 3 - Extração do oleorresina do tronco de árvore de *Copaifera multijuga* Hayne com uso do BT 45. Fonte: acervo pessoal.

Após a perfuração, o BT 45 foi retirado e coletado o oleorresina contido na árvore pela calha de aço fixa ao tronco. Foi introduzido no orifício um tubo de PVC de 20 mm com 20 cm de comprimento, e na extremidade do tubo foi acoplada uma mangueira plástica transparente, ligando-a a uma bombona de plástico com capacidade de suporte de volume de 5 litros, fazendo-se o contato deste com a mangueira. A coleta foi realizada por 24 horas (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006 e MEDEIROS et al., 2018). O restante do material utilizado foi fita veda rosca, tampão soldável de 20 mm, marreta de borracha, calha de aço inoxidável, funil, algodão e papel alumínio (Figura 4).



Figura 4 - Extração do oleorresina de árvore de *Copaifera multijuga* Hayne, mostrando mangueira acoplada à bombona. Fonte: acervo pessoal.

Finalizada a coleta do oleorresina, a mangueira foi retirada e o tubo de PVC permaneceu fixado no orifício com a outra extremidade vedada com tampão e veda rosca para impedir possíveis vazamentos do oleorresina, ataques às árvores por pragas e doenças; desta forma o cano pode ser aberto na próxima coleta que poderá ser feita pelos extrativistas (Figura 5).



Figura 5 – Vedação do orifício após extração do oleorresina do tronco de árvore de *Copaifera multijuga* Hayne. Fonte: acervo pessoal.

O oleorresina obtido foi armazenado em bombonas plásticas transparentes, com a devida identificação da árvore, e teve seu volume medido com auxílio de uma proveta. Uma amostra de 250 ml foi obtida e levada para o laboratório da Embrapa Amapá para estudos adicionais de qualidade do óleo. Neste estudo foi considerada como árvore produtiva aquela em que a quantidade de oleorresina extraído no final do processo foi capaz de escoar das bombonas para a proveta com escala milimétrica, e não produtiva aquela árvore sem escoamento ou aquela cuja quantidade não foi o suficiente para o escoamento, ficando aderido na parte interna da mangueira ou da bombona, de acordo com as orientações de Roquette et al. (2018).

6.2.2 Variáveis dendrométricas e dendrocronologia

As 14 árvores amostradas tiveram suas variáveis dendrométricas medidas com usos de uma fita diamétrica. Para a medição da altura total (AT) e comercial (AC) foi utilizado o equipamento *Truepulse* e trena a laser da Leica.

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; MEDEIROS et al., 2018; ROQUETTE et al., 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 (Figura-6a). A vedação do orifício causado pela sonda foi realizada com pedaço de madeira e cera de abelha; em seguida as baguetas foram colocadas em tubos de PVC, com a numeração da árvore e também a marcação da posição no sentido casca medula e colocados em sacos plásticos para transporte (Figura-6b).



Figura 6 - (a) coleta da amostra do lenho a 1 m de altura do tronco; (b) seção transversal do tronco e indicação do alinhamento de extração das amostras do lenho; (c) amostra do lenho retirada pela sonda de Pressler. Fonte: Acervo pessoal. Fonte: acervo pessoal.

Todas as análises dendrocrológicas foram realizadas nos Laboratórios de Tecnologia de produtos florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA em Belém-PA e Laboratório de Dendroecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, seguindo a mesma metodologia.

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. Para a análise macroscópica da anatomia da madeira para delimitar os anéis de crescimento foram usadas lupas de 10x e microscópios (Figura 7). Em seguida, a largura dos anéis de crescimento foi medida 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 et al., 2019).

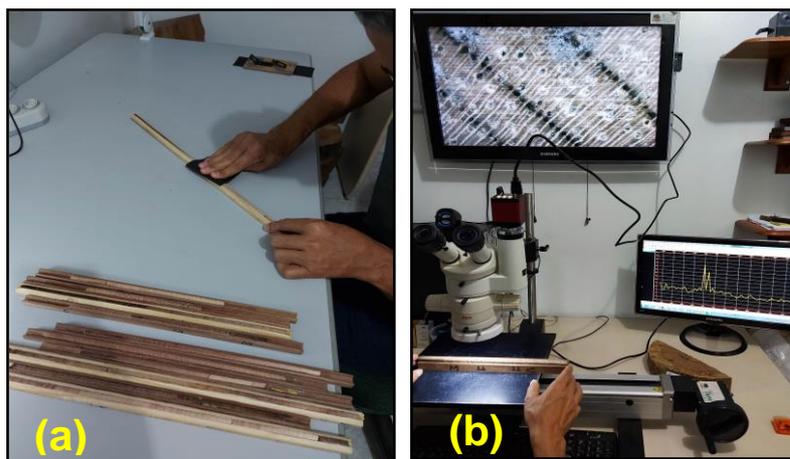


Figura 7 – (a) processo de lixamento das amostras; (b) marcação dos anéis de crescimento com auxílio de lupa microscópio. Fonte: acervo pessoal.

6.2.3 Coleta do solo

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 (Figura 8 e 9) 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 et al., 2014; ROQUETTE et al., 2018).

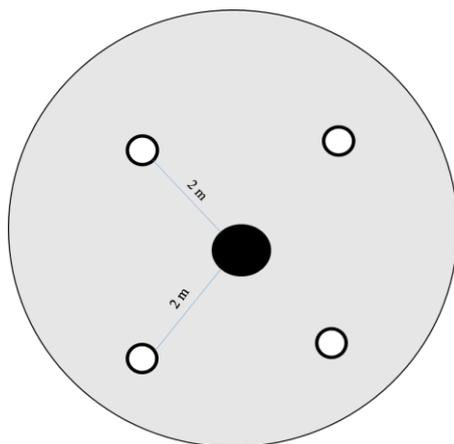


Figura 8 - Desenho amostral da coleta do solo sob cada árvore de *Copaifera multijuga* Hayne. Adaptado de Roquette, (2018).



Figura 9 - Coleta do solo sob cada árvore de *Copaifera multijuga* Hayne. Fonte: acervo pessoal.

Após a coleta, as amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise no laboratório de solos da EMBRAPA em Manaus, onde foram analisados os parâmetros relacionados às características químicas e físicas do solo.

6.2.4 Análise dos dados

No contexto das análises de dados, as 14 árvores amostradas representam as “parcelas”, sobre as quais as variáveis (dendrométricas incluindo dendrocronologia, edáficas e produção de oleorresina) foram medidas e analisadas na perspectiva multivariada.

Foi realizada uma análise exploratória dos dados, utilizando a análise descritiva, obtendo-se os valores mínimos, máximos, médias, variância, desvio padrão e intervalo de confiança (teste *t-Student*).

Com as 24 variáveis das análises físico-química do solo foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) objetivando selecionar as mais importantes, com a consequente redução de dimensionalidade para as análises posteriores (MANLY, 2004). Na ACP, os dados foram normalizados e utilizada a matriz de correlação entre as variáveis. Os componentes/variáveis foram selecionados baseados nas recomendações de Jolliffe (1972), considerando aqueles com autovalores $> 0,70$.

Análise de correlação de Pearson, foi realizada com as variáveis de solos selecionadas na ACP e as variáveis dendrométricas, e de produção de óleo.

Nova ACP foi realizada, empregando as variáveis de solos selecionadas na ACP anterior, e incluindo as cinco variáveis dendrométricas sendo DAP, Altura Total (AT), Altura Comercial (AC), idade, Incremento Médio Anual (IMA) e a produção de oleorresina.

Objetivando ampliar o conhecimento sobre a similaridade entre as árvores em relação às variáveis medidas, realizou-se uma análise de agrupamento hierárquico aglomerativo, utilizando a distância euclidiana e o método de agrupamento de Ward (1963), que consiste na minimização da soma dos quadrados dentro dos agrupamentos, feito sobre todas as variáveis (BORCARD et al., 2018; HAIR et al., 2009). Previamente os dados originais foram normalizados (MANLY, 2004; OKSANEN et al., 2018) e calculado o valor do coeficiente de correlação r de Pearson, conhecido como correlação cofenética (c), para validar se os agrupamentos obtidos realmente diferem uns dos outros, segundo Saraçlı et al. (2013), considerando que a distorção das medidas sob o dendrograma em relação à similaridade real terá $c < 0,7$ (SOKAL; ROHLF, 1962). Para determinar o número de grupos das árvores, de acordo aos dados das variáveis avaliadas foram realizadas 1000 reamostragens de bootstrap, Shimodaira (2002). Essa proporção é chamada de probabilidade de reamostragem ($BP = \textit{bootstrap probability}$) do agrupamento (cluster) (SHIMODAIRA, 2002; SUZUKI E SHIMODAIRA, 2006). Neste método de reamostragem são usados vários tamanhos diferentes de agrupamentos para estimar o p-valor destes, avaliando e melhorando a cada cluster seus p-valores de forma imparcial, o que é conhecido como "aproximação imparcial" ($AU = \textit{approximately unbiased}$). Assim, o p-valor de cada agrupamento foi obtido pela máxima verossimilhança (SHIMODAIRA, 2002; SUZUKI e SHIMODAIRA, 2006).

Todas estas análises foram realizadas utilizando a plataforma do R do project R (R Core Team, 2019), empregando as funções *sd*, *var*, *summary* e *t.test* para as análises

descritivas da própria plataforma. Para ACP foram utilizadas as funções *rda* e *eigen* do pacote *vegan* (Oksanen et al. 2019), *barplot*, *screenplot* e *biplot* da própria plataforma (R Core Team, 2019), assim como a função *cor* para a correlação das variáveis avaliadas. Na análise de regressão foram utilizadas as funções, *lm*, *cor*, *plot*, *curve*, *legend* da própria plataforma (R Core Team, 2019). No dendrograma utilizou-se as funções *decostand*, *dist*, *cor*, *cophenetic*, *hclust*, *pvclust* dos pacotes *pvclust* e *stats* principalmente (R CORE TEAM, 2019).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Análise descritiva

Das 14 árvores de *Copaifera multijuga* Hayne amostradas, quatro encontravam-se com orifícios há mais de quatro anos e 10 árvores não estavam furadas. Em todos os indivíduos ocorreu produção de oleorresina. Estas árvores amostradas apresentam uma distância média entre si de 1.335 metros, com valor mínimo de 100 m e máximo de 2.570 m, o que pode ter favorecido a amostragem de indivíduos de diferentes populações de *C. multijuga*.

As 30 variáveis analisadas (24 das análises físico-químicas do solo e cinco variáveis dendrométricas e uma de produção) das 14 árvores amostradas de *C. multijuga*, indicam que há grande variabilidade nos valores de cada variável avaliada, os quais podem ser observados nos valores máximo, mínimo, desvio padrão e na variância (Tabela 01 e Apêndice A).

Tabela 01 - Médias, valores mínimos, máximos, desvio padrão, variância e intervalo de confiança (Teste t-student) das 24 variáveis das análises físico-químico do solo e as seis variáveis dendrométricas avaliados nas 14 arvores de *Copaifera multijuga* Hayne. Manicoré - Amazonas.

Variáveis Analisadas	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Intervalo de confiança
DAP (cm)	39,47	71,62	52,44	10,2071	104,1864	46,54-58,33
AC (m)	8,00	22,00	13,43	3,9363	15,4945	11,15-15,70
AT (m)	15,00	35,00	26,79	5,0257	25,2582	23,88-29,68
Idade (ano)	58,00	127,00	100,36	20,5598	422,7088	88,48-112,22
Q. Óleo (ml)	30,00	700,00	226,79	219,7867	48306,18	99,88-353,68
IMA (cm.ano ⁻¹)	0,1743	0,3042	0,2447	0,0405	0,0016	0,22-0,26
pH	3,350	3,900	3,674	0,1378	0,0189	3,59-3,75
C (g.kg ⁻¹)	12,23	26,41	20,75	4,0481	16,3875	18,40-23,08
M.O (g.kg ⁻¹)	21,03	45,43	35,68	6,9656	48,5202	31,66-39,70
P (mg.dm ⁻³)	1,000	5,000	2,571	1,3985	1,9560	1,76-3,37
K (mg.dm ⁻³)	20,00	50,00	30,93	8,4166	70,8406	26,06-35,78
Na (mg.dm ⁻³)	1,000	3,000	2,357	0,6333	0,4010	1,99-2,72
Ca (cmolc.dm ⁻³)	0,03	0,11	0,05	0,0196	0,0003	0,03-0,06
Mg (cmolc.dm ⁻³)	0,05	0,11	0,08	0,0166	0,0002	0,07-0,08
Al (cmolc.dm ⁻³)	2,520	5,600	3,936	0,7934	0,6295	3,47-4,39
H+Al (cmolc.dm ⁻³)	8,370	12,660	9,653	1,1770	1,3853	8,97-10,33
SB (cmolc.dm ⁻³)	0,1500	0,2900	0,2193	0,0453	0,0020	0,19-0,24
t (cmolc.dm ⁻³)	2,810	5,820	4,155	0,7840	0,6148	3,70-4,60
T (cmolc.dm ⁻³)	8,650	12,870	9,871	1,1769	1,3852	9,19-10,55
V (%)	1,510	3,330	2,245	0,5308	0,2818	1,93-2,55
m (%)	89,74	96,55	94,49	1,8841	3,5498	93,40-95,57
Fe (mg.dm ⁻³)	250,00	491,00	399,20	72,7082	5286,489	357-441,19
Zn (mg.dm ⁻³)	0,2900	0,6400	0,3920	0,0970	0,0094	0,33-0,44
Mn (mg.dm ⁻³)	0,7100	2,2100	1,2207	0,4782	0,2287	0,94-1,49
Cu (mg.dm ⁻³)	0,1900	1,3100	0,5507	0,3280	0,1075	0,36-0,74
Areia grossa (2,00-0,20 mm)	20,27	321,43	85,03	102,1664	10437,97	26,04-144,02
Areia fina (0,20-0,05 mm)	118,40	322,80	201,00	70,8065	5013,572	160,14-241,91
Areia total (2,00-0,05 mm)	140,00	525,60	286,10	129,3057	16719,96	211,40-360,72
Silte (0,05-0,002 mm)	155,90	422,20	291,30	87,4432	7646,316	240,81-341,78
Argila <0,002 mm)	228,50	615,50	422,60	131,1664	17204,63	346,90-498,37

As diferenças observadas entre a maioria dos valores das variáveis, pode ter se dado em função do distanciamento entre as árvores, que podem representar diferentes populações de copaíba, bem como a 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 et al., 2007).

Com relação a idade das árvores de *C. multijuga* amostradas neste estudo, foi encontrada idade média de $100,36 \pm 11,88$ anos, tendo a árvore mais nova 58 anos e a mais velha com 127 anos de idade; 50% das árvores amostradas tem mais que 100 anos de idade. Medeiros et al. (2018), estudando anatomia do lenho e dendrocronologia de árvores de *C. multijuga* na Amazônia encontraram idade média de 77,5 anos, valores bem diferentes do encontrados nesse estudo. Já Roquette et al. (2018), em estudo realizado com copaíba no Estado do Mato Grosso encontraram idade média de 92 anos. Estudos adicionais seriam interessantes no sentido de monitorar a idade das árvores com a produção de oleorresina, visando definir se o valor encontrado nesse trabalho já estaria afetando de forma negativa a produção de oleorresina.

A média de oleorresina produzido foi de $226,79 \pm 126,91$ ml; a árvore menos produtiva com 30 ml e a mais produtiva com 700 ml; apenas duas árvores produziram acima de 500 ml 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. Destacamos que a coleta ocorreu no período chuvoso, sendo extraído o óleo apenas uma vez nos 14 indivíduos amostrados.

Foram encontrados DAP médio de $52,44 \pm 5,9$ cm e 43% dos indivíduos amostrados encontra-se nas classes de DAP entre 40 a 50 cm e a classe de maior produção de óleo está de 50-60 cm (Figura 10).

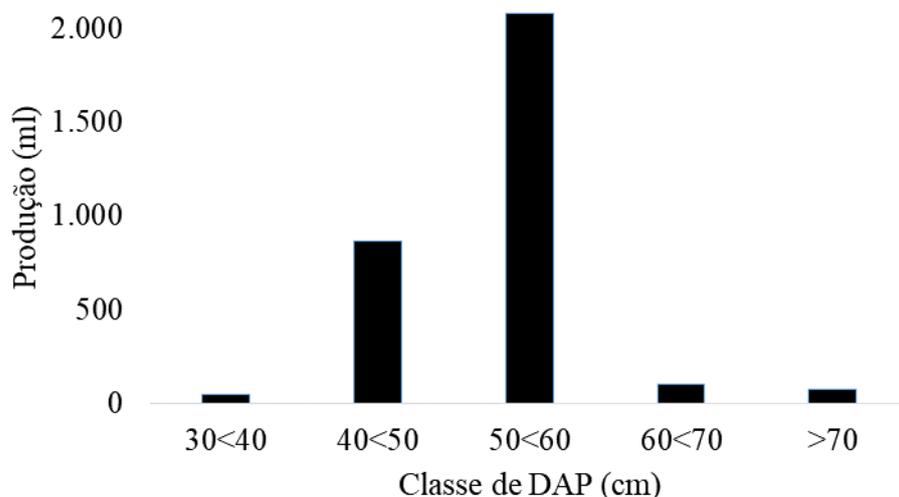


Figura 10 - Distribuição da produção de oleorresina de *Copaifera multijuga* em classes de DAP de amplitude de 10 cm, de 14 árvores amostradas, no município de Manicoré-AM.

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, estudo realizado por Barbosa et al. (2009), na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, no município de Manaus, na calha do rio Negro, encontraram DAP médio de 33,3 cm para *C. multijuga*.

Baima et al. (1999), afirma que a quantidade de óleo produzida pode estar relacionada com a classe diamétrica, onde verificaram que as árvores com DAP < 60 cm não ocorreu produção de óleo, enquanto as árvores com DAP entre 60 e 93 cm produziam óleo. Plowden (2001 e 2003) observou que a maior quantidade de oleorresina produzida está relacionada entre as classes diamétrica de 55 a 65 cm. Em nosso estudo observamos que a maior produção de oleorresina de *C. multijuga* ocorreu em árvores com amplitude de classe de DAP de 50-60 cm e com idade média de 101 anos. O estudo corrobora com Barbosa, et al (2009) e Medeiros et al. (2018), que realizaram os estudos no município de Manaus, ambos com *C. multijuga* onde observaram que a maioria das árvores produtoras encontrava-se na faixa de DAP de 35-55 cm.

Plowden (2001) e Rigamonte-Azevedo (2004), sugerem em seus estudos evidências de que a produção do 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 DAP.

Este resultado mostra evidência que as classes de DAP das árvores de *C. multijuga* amostradas influenciou na quantidade de óleo produzido; vale ressaltar que essa influência é apenas para uma coleta/extração. Klauberg et al. (2014) que estudaram modelos de probabilidades para a ocorrência de óleo em copaibeiras, verificaram que o DAP foi uma das variáveis independentes com maior possibilidade para se encontrar óleo em uma árvore numa primeira extração.

A altura total média observada no presente estudo foi de $26,79 \pm 2,91$ m; resultados semelhantes foram observados por Alencar (1982), que realizou estudos silviculturais em uma população natural de *C. multijuga* na Amazônia central e encontrou altura total média de 29,09 m. Já Barbosa et al. (2009), realizando estudos para potencial de produção de óleo resina de *C. multijuga* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM, encontraram altura total média de 21,5 m.

Em relação a grande variação da produção de oleorresina observada no nosso estudo, isto pode estar associado, a variabilidade entre as árvores amostradas. Também foi observado que as árvores mais velhas, apresentaram uma tendência de diminuir a quantidade de óleo produzido, assim como os indivíduos mais novos em classe de DAP entre 30 e 40 cm, também produziram pouco óleo, o que demonstra a ordem natural esperada da dinâmica de produção, que se inicia com pouco, em uma idade mais jovem, tem seu ápice em classes de DAP maiores (ou árvores em idade mais produtiva) e depois declina com a idade. Estudos realizados por Roquette et al. (2018), no estado do Mato Grosso, com amostras de 30 árvores de copaíba, encontraram variação de 349,9 % na quantidade de óleo produzido entre os indivíduos. Nosso estudo registrou variação da ordem de 2.000% entre o menor e maior valor, o que demonstra a enorme variabilidade observada e sugere amostragem de maior número de árvores para corroborar nosso estudo e assim poder auxiliar na definição de estratégias para exploração das árvores que estejam em fase mais produtiva.

Nesse sentido, muitos estudos têm sido realizados na tentativa de encontrar evidências das possíveis causas das variações na produção de óleo; alguns indicam possibilidades com a genética da espécie. Medeiros et al. (2018), constataram que árvores matrizes de *C. multijuga* geram descendentes com fenótipos produtores e não produtores de óleo; no entanto, este comportamento natural, de divergência na produção de oleorresina, poderia ser minimizado com a troca de material genético entre matrizes durante a polinização (polinização cruzada),

sem necessidade de produzir novas plantas a partir de sementes oriundas de árvores produtoras que não garantem o mesmo comportamento que os genitores.

Na literatura vários autores têm atribuído a variabilidade da produção entre indivíduos da mesma espécie, a fatores de natureza genética (ALENCAR, 1982; LANGENHEIM, 2003) e ambiental (ALENCAR, 1982; MEDEIROS e VIEIRA, 2008; NEWTON et al., 2011; ROQUETTE et al. 2018; MEDEIROS et al. 2018).

Estudos também tem relacionado a produção de óleo com o tipo de ambiente, como citado por Newton et al. (2011), em estudos realizados na calha do rio Juruá, município de Carauari, onde analisaram que indivíduos localizados em áreas de terra-firme apresentam maior produção que indivíduos situados em áreas de várzea, e dentre os indivíduos de área de terra-firme, aqueles localizados sobre solos argilosos são mais produtivos que os de solo arenoso (ALENCAR, 1982).

7.2 Seleção das principais variáveis físico-químicas do solo

Pelo critério de Jolliffe foram selecionados os quatro primeiros componentes principais (CP), que explicaram 80,82% da variação total (Tabela 02). Os componentes principais mostraram que os dois primeiros (CP1 30,59 e CP2 23,13) explicam 53,72% da variância (Tabela 02), sendo que as variáveis, Índice de Saturação por Alumínio (m), Soma de Bases Trocáveis (SB) são as mais importantes respectivamente para estes dois componentes (Tabela 02 e Figura 11).

Das 24 variáveis físico químicas, sete variáveis foram selecionadas, sendo as mais importantes em cada CP, sendo: 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) (Tabela 02).

Echart e Cavalli-Molina, (2001) relatam em seus estudos que a elevada concentração de Alumínio disponível no meio pode causar problemas de toxicidade nos solos com $\text{pH} < 5,0$ 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 e concentração média de Alumínio de $3,94 \text{ cmolc.dm}^{-3}$.

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 Amazônia as taxas de Al tem 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 alumínio, acima de 75%, com exceção dos municípios de Uarini, Envira e Careiro da Várzea.

Tabela 02 - Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), percentagem da variância explicada pelos componentes (% var. CP) e acumulada ((% var. CP/A) das variáveis avaliadas no solo. Variáveis e autovetores (ou coeficientes de ponderação) de cada variável avaliada no solo em cada CP.

CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ_i	7.3407	5.5522	3.8771	2.6272	1.6482	0.8684	0.8077	0.4530	0.4274	0.2910	0.0536	0.0516	0.0019
% Var. CP	0.3059	0.2313	0.1615	0.1095	0.0687	0.0362	0.0337	0.0189	0.0178	0.0121	0.0022	0.0022	0.0001
% Var. CP/A	0.3059	0.5372	0.6988	0.8082	0.8769	0.9131	0.9467	0.9656	0.9834	0.9955	0.9978	0.9999	1.0000
Variável	Autovetores												
pH	0.2141	-0.0789	0.2562	0.1291	0.1836	-0.3172	0.0530	0.1543	0.6367	0.0198	-0.1392	-0.0448	-0.3126
C	0.0348	-0.2655	-0.0764	-0.4127	-0.1795	0.0057	-0.2537	0.1957	0.0581	-0.1094	-0.0317	0.2052	-0.0262
MO	0.0347	-0.2656	-0.0763	-0.4126	-0.1795	0.0058	-0.2535	0.1957	0.0585	-0.1101	-0.0305	0.2053	-0.0173
P	0.1449	-0.2410	0.2192	-0.1811	-0.0137	-0.2883	0.0204	-0.6055	0.1633	-0.0069	0.0889	-0.0600	0.0909
K	0.0657	-0.3102	-0.0409	0.2911	-0.0597	0.2878	-0.0631	-0.3799	0.0153	-0.4050	-0.3816	0.2371	0.1018
Na	0.0663	-0.1975	-0.2337	0.3614	-0.0767	-0.3294	0.2259	0.1879	0.1897	0.1615	0.0713	0.4796	0.2433
Ca	0.2870	-0.1571	0.1220	-0.1477	0.1607	0.1276	-0.1940	0.2140	-0.0354	0.3471	0.0250	-0.0249	-0.1471
Mg	0.1811	-0.2339	0.0750	0.1145	-0.3179	-0.0687	0.4362	0.2576	-0.2265	-0.2110	0.2600	-0.3468	0.0552
Al	-0.3176	-0.1469	0.1344	0.0307	-0.1122	-0.1594	0.0650	0.0552	-0.1719	0.0818	-0.2889	-0.0617	-0.2748
H+Al	-0.2466	-0.2267	0.1954	-0.0504	-0.2290	0.0564	0.0173	-0.1150	0.1280	0.1706	0.2166	-0.0690	0.0831
SB	0.2219	-0.3144	0.0429	0.1281	-0.0645	0.1742	0.0515	-0.0154	-0.0835	-0.0507	0.0052	-0.0256	-0.2634
T	-0.3086	-0.1668	0.1384	0.0385	-0.1172	-0.1512	0.0688	0.0550	-0.1788	0.0798	-0.2921	-0.0639	-0.2933
t	-0.2381	-0.2382	0.1963	-0.0437	-0.2303	0.0616	0.0212	-0.1134	0.1250	0.1657	0.2202	-0.0658	0.0991
V	0.3220	-0.1742	-0.0275	0.1142	0.0339	0.1081	0.0465	0.1112	-0.1444	-0.1033	-0.1538	-0.0675	-0.2346
m	-0.3401	0.1341	0.0083	-0.0050	-0.0441	-0.2082	0.0536	-0.0142	-0.0638	-0.0436	-0.1817	0.2476	-0.2092
Fe	-0.1182	0.0968	0.3641	0.1545	-0.0535	-0.2122	-0.3231	0.3009	0.0059	-0.5787	0.1929	0.0437	0.1499
Zn	-0.1324	-0.2973	-0.0112	0.3167	0.0751	0.0891	-0.2205	0.1762	-0.1458	0.3577	0.0131	0.1227	0.2483
Mn	0.2655	-0.0447	-0.1041	-0.1450	-0.0234	-0.5850	-0.1122	-0.0734	-0.3625	0.0774	-0.2855	-0.1561	0.3120
Cu	-0.0729	-0.1566	-0.2485	0.3090	0.1836	-0.2249	-0.4956	-0.1944	-0.1478	-0.0327	0.3993	-0.1616	-0.3375
Areia grossa	0.1204	0.2162	-0.0573	0.1989	-0.5106	0.0407	-0.2788	-0.0038	0.1808	0.1406	-0.1792	-0.1982	0.0165
Areia fina	0.1906	0.1115	0.3799	-0.0478	0.0512	-0.0412	0.1236	-0.1265	-0.3586	0.0600	0.2540	0.5194	-0.1893
Areia total	0.1995	0.2319	0.1628	0.1310	-0.3754	0.0096	-0.1526	-0.0722	-0.0535	0.1440	-0.0026	0.1279	-0.0905
Silte	-0.0876	-0.1420	0.3694	0.0324	0.4124	0.0940	-0.0614	0.1008	-0.0418	0.0076	-0.1955	-0.1626	0.3136
Argila	-0.1383	-0.1339	-0.4067	-0.1507	0.0951	-0.0722	0.1914	0.0040	0.0806	-0.1470	0.1329	-0.0176	-0.1198

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. **Fonte: Embrapa (2019).**

Variáveis em negrito foram selecionadas de acordo Jolliffe (1972)

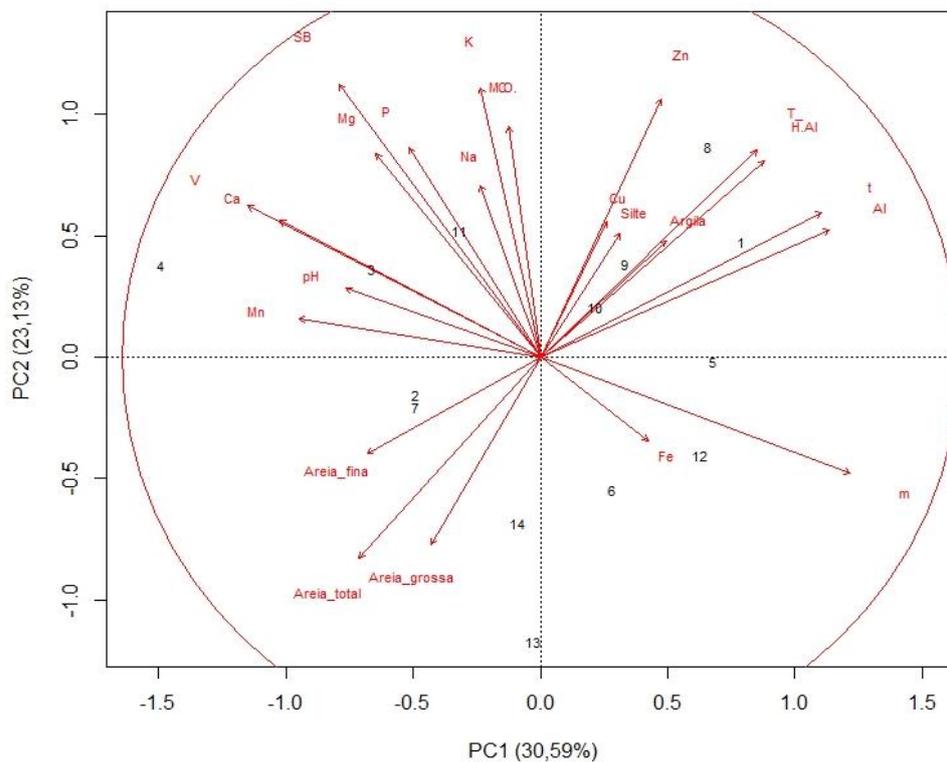


Figura 11 - Análise dos componentes principais (PC1 e PC2) de 24 variáveis do solo, na profundidade de 0-20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré-AM.

Para Novais et al. (2007), os solos que apresentam elevados teores de Alumínio, associados ou não com Manganês, em altas taxas de acidez é possível que apresentem limitações quanto ao crescimento e desenvolvimento das raízes e também pode interferir na disponibilidades de alguns nutrientes e água para as plantas. Quanto aos possíveis efeitos da elevada taxa de concentração de Mn, pode ocorrer principalmente nas folhas das plantas afetando o seu crescimento foliar.

Os sintomas de toxidez de alumínio dificilmente são identificáveis, devido à semelhança com as deficiências de alguns elementos químicos como fosforo e cálcio que causam problemas de crescimento anormal das folhas e enrolamento das folhas jovens das plantas sucessivamente, com possibilidade de haver sintomas diferentes entre as espécies de vegetais (FERREIRA, et al., 2006).

Quanto a soma de bases trocáveis (SB) de um solo (argila ou húmus) que representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} e nos indica o número de cargas negativas dos coloides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis (RONQUIM, 2010; FREITAS, SANTOS e OLIVEIRA, 2015; SOUZA, 2017).

A argila e areia grossa que são fatores físicos do solo, tiveram grande importâncias como variáveis na formação dos componentes (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 maior 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 e colaboradores (2011), encontraram maiores ocorrência de árvores de copaíba em ambiente de terra firme e essas árvores deste ambiente são mais propensas a produzir óleo do que em ambiente de várzea.

Diversos estudos têm relatado a importância dos solos argilosos, onde há evidências de maiores ocorrências de árvores de copaibeiras produtivas se comparados com solos arenosos (MEDEIROS e VIEIRA, 2008; MEDEIROS, et al., 2018; FERREIRA, 1999; NEWTON; WATKISON; PERES, 2011; ALENCAR, 1982). Já Martins-da-Silva (2008), afirma que a espécie ocorre tanto em solos argiloso 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).

Mesmo não sendo um atributo químico do solo, o Carbono é considerado essencial para o estabelecimento de plantas e participa ativamente na formação dos tecidos dos vegetais e fisiologicamente é estudado nas suas múltiplas funções (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

Marques et al. (2013), analisaram que os solos da Amazônia central têm grande capacidade de armazenar carbono e as maiores concentrações estão nas camadas superficiais devido à superfície do solo sofrer maior interferência da matéria orgânica depositada pela floresta. Junior (2007), considera em seus estudos que a deposição da matéria orgânica nos solos amazônicos, a qual considera como maior fonte de nutrientes, pode variar de acordo com a vegetação, e a quantidade depositada é oriunda, principalmente, da parte aérea dos vegetais e das raízes.

O autor considera ainda que no estado do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Amapá, os solos de floresta dessas regiões recebem altas quantidades de folhas, ramos, entre outros,

umentando consideravelmente quantidade de material orgânico na camada superficial do solo. No entanto, observa-se que devido às diversidades climáticas e pedológicas da região, existem diferenças na quantidade, haja visto que uma das principais implicações nos processos de humificação e na taxa de renovação do carbono do solo é o clima.

7.3 Associação entre variáveis dendrométricas, edáfica e de produção

Com base na seleção das variáveis físico químico do solo juntamente com as variáveis dendrométricas, foi realizado uma análise de correlação de Pearson, para verificar a correlação linear entre as variáveis (Tabela 03).

Tabela 03 - Correlação de Pearson entre as variáveis dendrocronologias e as variáveis não descartadas da análise físico-químico do solo após o ACP.

	DAP	AC	AT	Idade	Q_Óleo	IMA	C	SB	m	Mn	Cu	Areia grossa	Argila
DAP	1.0000												
AC	-0.4137	1.0000											
AT	0.3958	0.2811	1.0000										
Idade	0.6839	-0.7121	0.2695	1.0000									
Q_Óleo	0.0059	-0.1183	-0.2347	-0.1649	1.0000								
IMA	0.2901	0.4552	0.0562	-0.4332	0.2405	1.0000							
C	0.4402	-0.1558	0.0202	0.3176	-0.1950	0.2789	1.0000						
SB	0.5197	-0.1017	0.3979	0.5659	0.0496	-0.0612	0.3761	1.0000					
m	-0.4628	-0.0092	-0.5520	-0.4923	0.0767	0.0399	-0.2793	-0.8103	1.0000				
Mn	0.0526	-0.0688	0.1252	0.3898	-0.4577	-0.4228	0.3296	0.3660	-0.5849	1.0000			
Cu	0.0956	-0.4012	0.1140	0.5405	-0.1848	-0.5511	-0.0253	0.1506	0.0591	0.0551	1.0000		
Areia grossa	-0.1950	0.0843	0.0062	-0.1915	-0.2726	-0.2090	-0.2803	-0.0833	-0.1339	0.1322	-0.1012	1.0000	
Argila	-0.2399	0.0508	0.1316	-0.0277	-0.0620	-0.1062	0.3849	-0.1235	0.2469	-0.0169	0.4252	-0.3979	1.0000

(DAP=diâmetro altura do peito, AC=altura comercial, AT= altura total, idade das árvores, Q.óleo=quantidade de óleo produzido, IMA=incremento médio anual, C=carbono, SB=soma de bases trocáveis, m=índice de saturação por alumínio, Mn=manganês, Cu=cobre, areia grossa e argila.

Observa-se que a variável quantidade de óleo não indica correlação linear com as outras variáveis dendrométricas analisadas no conjunto de dados (Tabela 03). Nota-se que a variável possui correlação negativa com o elemento (Mn) Manganês.

Os autovalores e as percentagens da variância explicada para as cinco variáveis dendrométricas e uma (01) de produção e as sete variáveis físico-químicas do solo selecionadas, mostram que os seis primeiros componentes principais (CP) explicaram 90,50% da variação total, segundo o critério de Jolliffe, explicada nos seis primeiros componentes principais (Tabela 04).

Tabela 04 - Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), percentagem da variância explicada pelas componentes (% var. CP) e acumulada ((% var. CP/A) das variáveis dendrométricas e as de solos selecionadas na primeira ACP.

CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ_i	3.794	2.286	1.968	1.635	1.168	0.910	0.540	0.371	0.198	0.078	0.037	0.014	0.002
% Var. CP	0.292	0.176	0.151	0.126	0.090	0.070	0.042	0.029	0.015	0.006	0.003	0.001	0.000
% Var. CP/A	0.292	0.468	0.619	0.745	0.835	0.905	0.946	0.975	0.990	0.996	0.999	1.000	1.000
Variável	Autovetores												
DAP	0.3606	0.2163	-0.2654	0.2192	-0.0258	-0.4169	-0.0362	0.0552	-0.2183	-0.3795	0.1133	-0.0360	0.5658
AC	-0.2313	0.3735	0.2107	-0.4014	-0.2052	0.1055	-0.0749	-0.3542	-0.1527	-0.2267	-0.4969	-0.2036	0.2326
AT	0.2377	0.2393	0.1117	-0.2606	-0.5878	-0.2008	-0.1037	0.4277	0.1068	-0.1516	0.0031	0.2529	-0.3578
Idade	0.4631	-0.1932	-0.1012	0.1604	-0.0279	-0.1018	-0.1531	0.0291	0.0330	0.1325	-0.4892	-0.5935	-0.2580
Q_Óleo	-0.1273	0.1048	-0.3598	0.3716	-0.2002	0.5762	0.2360	0.2832	-0.3044	-0.2247	-0.2099	0.0380	-0.0925
IMA	-0.1484	0.5186	-0.3047	-0.0517	0.0785	-0.2513	0.0905	-0.1513	-0.3674	0.2897	0.2699	-0.2405	-0.4043
C	0.2494	0.1340	-0.2870	-0.3230	0.5183	-0.0669	0.3342	0.0303	0.1297	-0.0842	-0.3967	0.3866	-0.1293
SB	0.4022	0.2132	0.0013	0.0450	-0.1127	0.3467	0.2385	-0.4690	0.4089	-0.2491	0.3400	-0.1391	-0.1296
M	-0.3903	-0.3032	-0.2141	-0.0229	0.0673	-0.2780	-0.0715	-0.0998	0.1190	-0.6736	0.0448	-0.1469	-0.3478
Mn	0.2965	-0.0371	0.3546	-0.2016	0.3856	0.2763	-0.2738	0.1356	-0.5038	-0.2962	0.2200	-0.0568	-0.1806
Cu	0.2011	-0.4725	-0.0821	-0.1151	-0.3455	-0.0992	0.2286	-0.4589	-0.4780	0.0716	-0.0200	0.2883	-0.0850
Areia grossa	-0.0512	0.0122	0.5464	0.1813	0.0403	-0.2485	0.7167	0.1666	-0.0897	-0.1027	-0.0441	-0.1962	-0.0448
Argila	-0.0019	-0.2430	-0.2845	-0.6023	-0.0959	0.1390	0.2837	0.3116	0.0181	0.0571	0.2414	-0.4080	0.2507

Os dois primeiros componentes (CP1 e CP2) explicam 46,80% da variância das variáveis avaliadas (Tabela 04), sendo que as variáveis idade das árvores e IMA são as mais importantes para estes dois componentes (Tabela 04 e Figura 12).

Com base na (Tabela 04), e considerando os autovalores maiores que 0,7, as principais variáveis selecionadas foram: Idade (CP1), IMA (Incremento Médio Anual) (CP2), Areia grossa (CP3), Argila (CP4), AT (CP5) e Quantidade de óleo (CP6).

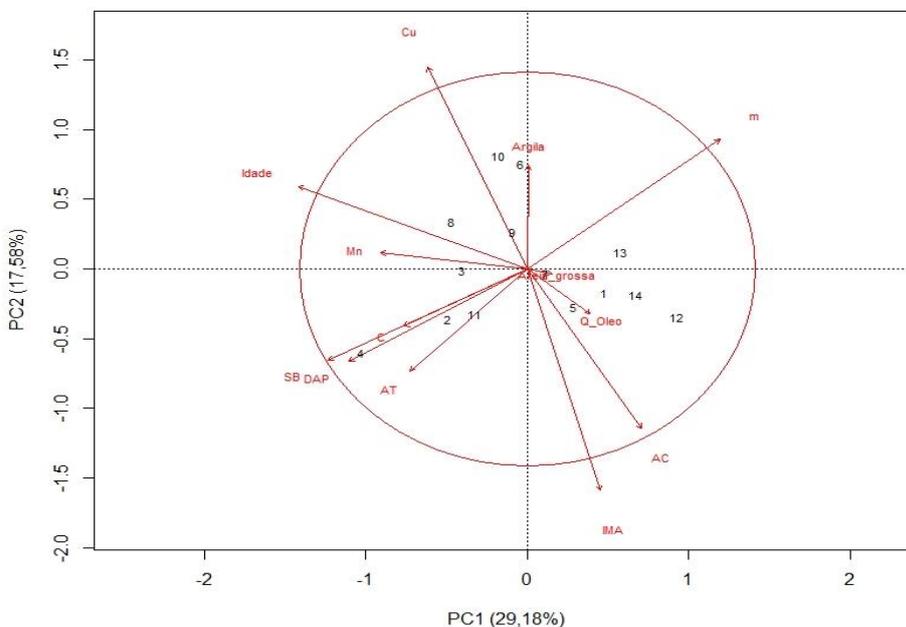


Figura 12 - Análise dos componentes principais (PC1 e PC2) das variáveis dendrométricas e do solo, na profundidade de 0-20 cm, coletadas na área das 14 árvores avaliadas no município de Manicoré-AM.

Análises dos anéis de crescimento das árvores possibilita a reconstrução da idade, das taxas de incremento ao longo de toda a vida desses indivíduos e podem ser utilizadas em diversas áreas do conhecimento que estudam dinâmica das populações, ecologia de espécies arbóreas, relações entre a dinâmica das espécies e distúrbios nas florestas e entre outros (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; SCHÖNGART et al., 2015).

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 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; LATORRACA et al., 2015; SPEER, 2010; CARVALHO et al., 2017).

Santos et al. (2018) e Machado et al. (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 incremento médio anual (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. E 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. Porém, Durgante (2016), que estudou crescimento e incremento de árvores na Amazônia central, afirma que não encontrou correlação significativa do incremento das espécies analisadas com as variáveis altura comercial, altura total e DAP das árvores amostradas.

Carmo (2016) afirma que o incremento diametral é resultado da interação árvore com ambiente e essa informação ainda são poucas para regiões tropicais, uma vez que depende de séries históricas que, tradicionalmente, são obtidas por monitoramento das árvores ou por métodos dendrocronológicos.

Quanto a produção de oleoresina relacionado com altura comercial e total das árvores amostradas, foi encontrada correlação negativa considerada fraca com altura comercial. Nesse sentido encontra-se opiniões divergente na literatura, segundo observado em Alencar (1982), Ferreira e Braz (2001) e Rigamonte-Azevedo (2006). No entanto, Roquette et al. (2018), que estudaram produtividade de oleoresina, afirma que a produção tem correlação significativa com altura do fuste. Já estudo realizado por Plowden (2003),

verificou que à medida que aumenta a idade das árvores, a proporção de indivíduos produtivos é maior, devido as evidencias do acúmulo de oleorresina no cerne das árvores durante anos. Contudo, Roquette et al. (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.

Nesta pesquisa, os atributos de fertilidade do solo, com exceção do (m%) Índice de Saturação por Alumínio, (SB) Soma das Bases, (Cu) Cobre e (Mn) Manganês, as demais apresentaram correlações baixas na ACP; desta forma os atributos do solo tiveram pouca influência na produção de oleorresina de copaíba. Resultado semelhante também foi encontrado por Roquette et al. (2018), estudaram produtividade de oleorresina de copaíba e as características edáficas do solo no estado do Mato Grosso onde não encontraram correlação entre os atributos do solo e produção de óleo.

No entanto, estudo realizado por Silva et al. (2015), onde analisaram a variabilidade de atributos físicos e químicos do solo, através de análise de componentes principais (ACP), a qual através de três componentes conseguiu explicar 86,3% da variabilidade total dos dados, mostrando ser um método que consegue indicar que entre os atributos do solo, aqueles que melhor explicam a variação.

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.

7.4 Associação entre as copaibeiras

Com objetivo de conhecer como as 14 árvores de *C. multijuga* se assemelham, considerando as 30 variáveis analisadas (24 das análises físico-químicas do solo e cinco variáveis dendrométricas e uma de produção), utilizamos análise de agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward (1963). Os resultados mostraram a formação

de agrupamentos com três grupos (Figura 17), sendo estes formados pelas árvores nos grupos: i) árvores 1, 11 e 14. ii) árvores 5, 6, 8, 9, 10, e 12. iii) árvores 2, 3, 4, 7 e 13 (Figura 13 e 14). O coeficiente de correlação cofenética ($c = 0.7332$) (ou correlação r de Pearson), indica uma preservação nas distâncias apresentadas no dendrograma, o que significa que não existe distorção do dendrograma em relação à similaridade real entre cada par de amostras (matrizes) (SOKAL e ROHLF, 1962). As reamostragem (Bp) confirmam o número de grupos, Shimodaira (2002), e as probabilidade (p-valor) de Aproximação Imparcial (Au) confirmam significativamente que eles realmente são unidades muito semelhantes (SUZUKI e SHIMODAIRA, 2006) (Figura 13). Os agrupamentos com altos valores de AU (por exemplo, 0,95 ou mais) podem ser considerados como fortemente suportados pelos dados (SUZUKI e SHIMODAIRA, 2006).

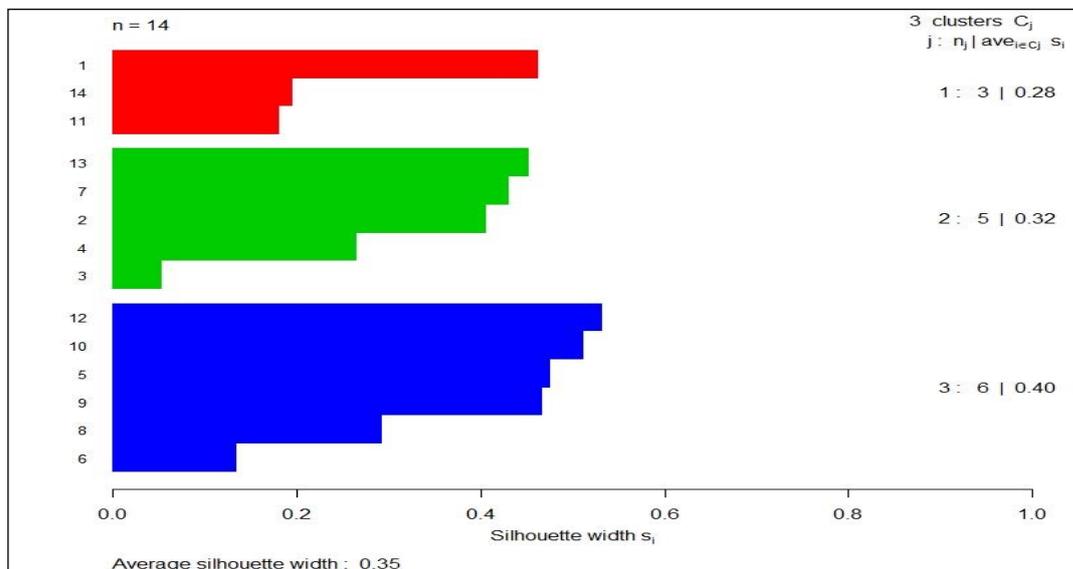


Figura 13 - Gráfico de barras mostrando as larguras médias para diferentes possíveis agrupamentos dos 14 indivíduos. Identificação dos melhores agrupamentos, com três grupos.

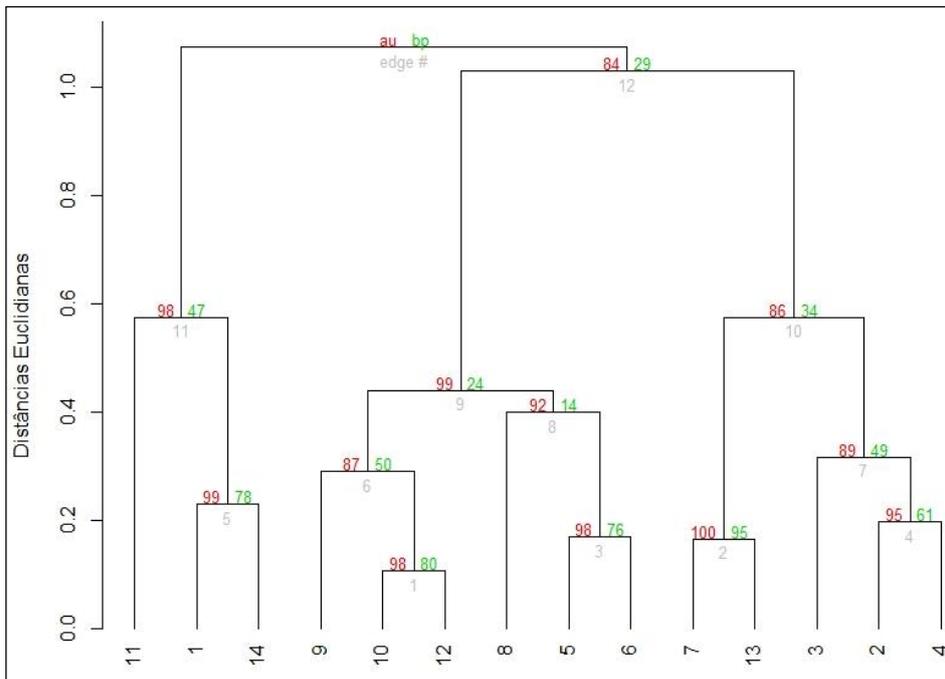


Figura 14 – Reamostragem (*bootstrap*) em escala múltipla aplicada ao dendrograma formado pelo agrupamento hierárquico aglomerativo de método de Ward (1963). Destacando o *bp* (cor verde) conhecido como probabilidade de reamostragem do agrupamento e, *au* (cor vermelho) ou conhecida como aproximação imparcial indica os *p-valores*.

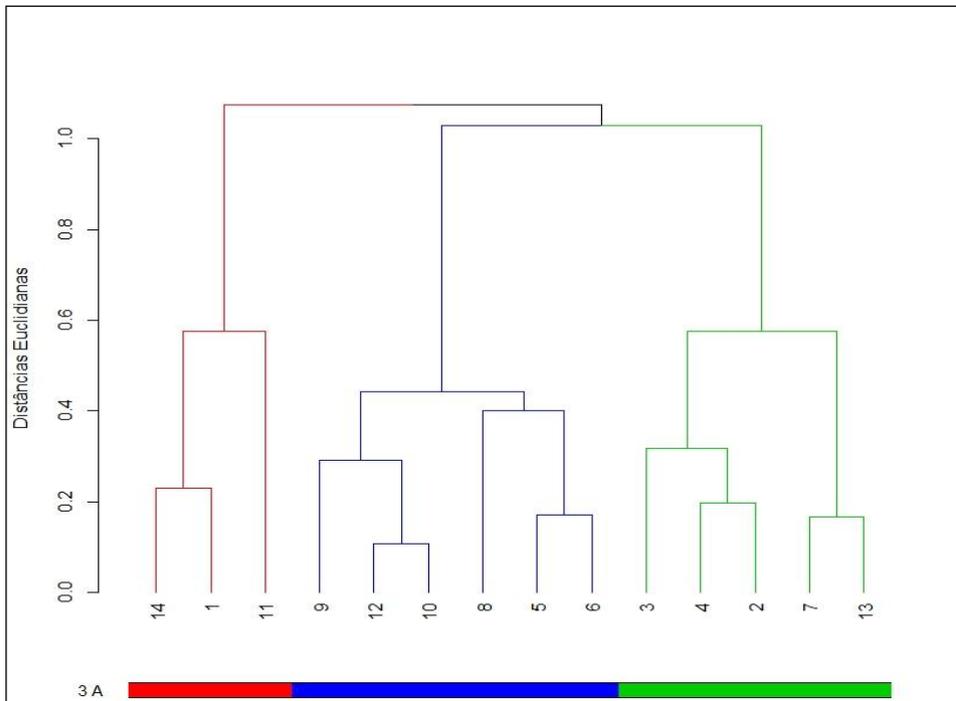


Figura 15 - Dendrograma obtido de três grupos, pelo agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward (1963), utilizando distâncias euclidianas, nas variáveis dendrocronológicas e as variáveis da análise físico-química do solo, obtidas das 14 árvores amostradas de copaíba (*Copaifera multijuga*).

Pelos resultados obtidos podemos afirmar que as 14 árvores analisadas formam um padrão de similaridade; no entanto, destaca-se o grupo (I) (Figura 15) formado por três indivíduos (1, 11 e 14) sendo o mais diferente de todos. Foi verificado que a árvore 11 apresentou entre todos os indivíduos amostrados a maior Altura Total (AT), produziu maior quantidade de oleoresina, está entre as árvores de maiores DAP, teve um dos maiores incrementos médio e teve a segunda maior concentração de potássio e a textura do solo considerada argiloso, observa-se ainda que os indivíduos 1 e 14 apresentam associação entre o conjunto das variáveis analisadas, a probabilidade de reamostragem de agrupamento com outros indivíduos do grupo é de apenas 47%. O grupo (II) é formado por indivíduos que apresentam variáveis similares, obtendo maior probabilidade de reamostragem do agrupamento entre os indivíduos 7 e 13.

Os resultados encontrados são importantes evidências das variações tanto no solo, quanto da própria planta, ajudando na compreensão dos aspectos que interagem e influenciam no crescimento e desempenho das plantas, conforme destacado por (CASCON e GILBERT, 2000). Observa-se, ainda, que os resultados de associação dos indivíduos para formar os grupos foram semelhantes e o nível de significância, relativamente alto, sendo possível concluir que, a princípio, existem, de fato, grupos entre os indivíduos amostrados.

Barbosa (2012), estudou a composição química de óleo de *C. multijuga* por meio de técnicas de cromatografia, a qual realizou análises hierárquica para agrupamento e evidenciou a existência de grupos distintos formados por amostras com diferentes composições químicas. Contudo, as amostras foram agrupadas de acordo com o tipo de solo em que as árvores se encontravam, havendo uma possível influência de solos argilosos na composição química do óleo. Vale ressaltar que outros fatores foram analisados, como sazonalidade e DAP, e pelo método hierárquico não mostraram influência significativa sobre a composição química dos óleos desta espécie, fato que não chegou a ser analisado nesse estudo.

Observa-se que dentro de cada grupo, são formados por indivíduos que apresentam correspondências de atributos semelhantes nas 30 variáveis analisadas. Assim como os três grupos são heterogêneos entre si, que pode ser explicados pelas grandes distâncias entre os indivíduos, idade de árvores diferentes, classe de DAP, quantidade de óleo produzido, entre outros.

8. CONCLUSÃO

As variáveis mais importantes neste estudo para a região analisada foram a Idade, IMA, Areia grossa, Argila, AT e Quantidade de óleo, 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;

Existe evidências que a produção de óleo foi influenciada pelas classes de DAP e Idade das árvores;

Houve grande variação na produção de oleorresina nas copaibeiras amostradas;

Sugere-se estudos adicionais, com ampliação da amostragem, a fim de se estender os resultados para a região do Atininga;

Os três grupos de copaibeiras são bastante diferentes entre si, o que pode ser explicado pela distância entre as árvores, podendo ser indivíduos de populações diferentes ocorrendo em ambientes com grande variabilidade em termos dendrométricos, cronológicos e edáficos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F., et al. (1ª edição). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 92-132, 2007.

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.

AL-KAFF, N. S.; KREIKE, M. M.; COVEY, S. N.; PITCHER, R.; PAGE A. M.; DALE, P. J. Plants rendered herbicide-susceptible by cauliflower mosaic virus-elicited. **Nature Biotechnology**, v. 18, n. 9, p. 995-999, 2000.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: USAID, 381 p, 1971.

AMARAL, F. H. C. **Compartimentos de K, Ca e Mg em solos e sua relação com o crescimento inicial, fisiologia e produtividade do eucalipto**. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal de Lavras, MG, 2016.

AMAZONAS, Governo do Estado. **A floresta amazônica e seu papel nas mudanças climáticas**. Manaus, SDS/CECLIMA, (Serie técnica meio ambiente e desenvolvimento Sustentável) p. 36 n. 18. 2009.

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.

AQUINO, R. E; CAMPOS, M. C. C; JÚNIOR, J. M; OLIVEIRA, I. A; MANTOVANELI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista brasileira de ciências do solo**. v. 38. p. 397-406, 2014.

ARAÚJO, H. J. B. Crescimento de espécies madeireiras em uma floresta acreana e compatibilidade com a legislação florestal. **Revista Ciência Agrária**. v. 59, n. 2, p. 113-123, abr./jun, 2016. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2227>.

ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. **Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade**. (Documentos 115). EMBRAPA, 2014.

BAIMA, A. M. V; SANTOS, L. S; NUNES, D. S; CARVALHO, J. O. P. **Produção de óleo de copaíba na região do Tapajós**. EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Comunicado Técnico, n. 103, 1999.

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.

BARBOSA, P. C. S. **Padronização de óleos de *Copaifera multijuga* Hayne por meio de técnicas cromatográficas**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Química Analítica) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus-AM, 2012.

BARROS, B. T.; TRINDADE, P.C. Análise da produção de produtos florestais não madeireiros no Brasil e no Pará entre 1990-2015. **Revista Eumednet**. Observatório de la Economía Latinoamericana. Brasil. Ago, 2017.

BATISTA, C. R.; BEZERRA, A. N. S.; OLIVEIRA, E. C. P.; MOURÃO, R. H. V.; ANDRADE, D.F.C. **Produção sazonal do oleorresina de copaíba na Floresta Nacional do Tapajós**. Universidade Federal do Oeste do Pará. In: XII Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil. Bento Gonçalves/RS 2012. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/spmb2012/Trabalhos/3430_1337008120_Resumo_SPMB_2012corrigido_2.pdf>. Acesso em: 10/01/2019.

BORCARD, D; GILLET, F; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**, 1st ed., Springer, New York, 2011. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>.

BORCARD, D; GILLET, F; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**, Second Edition. Springer, New York, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71404-2>.

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.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 2, p. 481–493, Mar. 2006.

BRUM, H. D.; CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K. Copaíba-roxa, *Copaifera multijuga* Hayne - Fabaceae. In: I. D. K. FERRAZ e J. L. C. Camargo (Eds). **Manual de Sementes da Amazônia**, fascículo 9, 12 p., INPA, Manaus-AM, Brasil, 2009.

CALDERON, R. A. **Mercado de produtos florestais não madeireiros na Amazônia brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Brasília, DF, 96 p, 2013.

CAMPOS, M. C. C. **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira**, Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CARMO, J. F. **Crescimento e propriedades da madeira de *Copaifera langsdorffii* Desf. Sob regime de manejo florestal**. Tese (Doutorado em ciências ambientais e florestais), UFRRJ, RJ, 2016.

CARMO, J. F.; LATORRACA, J. V. F.; SANTOS, G. C. V.; CARMO, F. H. D. J. D.; MIRANDA, D. L. C.; LOUSADA, J. L. P. C. Diametric growth and properties of *Copaifera*

langsдорffii Desf. by second cutting cycle. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 3, p. 435-442, jul/set. 2018. doi:10.5380/rf.v48i3.57434.

CARRERO, G. C.; PEREIRA, R. S.; JACAÚNA, M. A.; LIMA JUNIOR, M. J. V. **Árvores do Sul do Amazonas**: guia de espécies de interesse econômico e ecológico. Manaus: IDESAM, 22. ed. 116 p, 2014.

CARVALHO, A. C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, S. M. B.; MORAES, M. L. T.; STRANGHETTI, V.; ALZATE-MARIN, A. L.; SEBBENN, A. M. Diversidade genética, endogamia e fluxo gênico em pequena população fragmentada de *Copaifera langsdorffii*. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 33, n. 4, p. 599-606, out./dec, 2010.

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.

CASCON, V.; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresens of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, n. 7, p. 773 - 778, Dec, 2000.

CHAGAS, R. K. **Relações entre Crescimento Diamétrico e Idade em Populações de Espécies Arbóreas Tropicais**. Campinas, SP: Unicamp, 2002.

COSTA, P. **Manejo Sustentado do óleo de Copaíba**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/ManejoSustentado/index.htm. Acesso em: 19.2.2019.

COSTA, Jorge Antonio Silva. **Copaifera in Flora do Brasil 2020 em construção**. 2019. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22895>>. Acesso em: 07.07.2020.

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.

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.

CRUZ, C. A. F. E.; PAIVA, H. N. D.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 100-107, dez, 2004.

CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G.; HASENAUER, H. Tree basal area increment models for *Cedrela*, *Amburana*, *Copaifera* and *Swietenia* growing in the Amazon rain forests. **Forest Ecology and Management**. Fort Collins, v. 365, p. 174-183, Feb, 2016.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (1ª edição). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 92-132, 2007.

DICK, G.; SCHUMACHER, M. V. Relações entre solo e fitofisionomias em florestas naturais. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v. 3, n. 2, p. 31-39, Mai-Ago, 2015.

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.

ELIAS, G. A.; SANTOS, R. Produtos florestais não madeireiros e valor potencial de exploração sustentável da floresta atlântica no sul de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 249-262, Jan./Mar, 2016.

EMBRAPA. **Árvore do conhecimento: copaíba**. Brasília/DF. 2015. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/manejo_florestal/arvore/CONT000gf13qvg702wx5ok0dnrsvxdrxcnxs.html. Acesso em: 07/01/2019.

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

FALCÃO, N. P. S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N. B. **A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central**. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N., WOODS, W. (Eds.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. 1. ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 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.

FERREIRA, L. A.; BRAZ, E. M. Avaliação do potencial de extração e comercialização do oleorresina de copaíba (*Copaifera spp.*). In: **Florística e Botânica Econômica do Acre**, Brasil, 2001. Disponível em: <http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/evaluation.html>. Acesso em: 03.01.2019.

FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. Documentos, 63. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 2006.

FERREIRA, T. M. C. **Modelagem do crescimento de *Manilkara elata* (Allemão Ex Miq.) Monach. Na floresta nacional do Tapajós**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na

Área de concentração de Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2019.

FERREIRINHA, M. P. **Glossário internacional dos termos usados em anatomia de madeiras**. Ministério do Ultramar - Junta de Investigações do Ultramar, (Estudos, ensaios e documentos 46). Lisboa, 1958.

FOX, J. C.; ADES, P. K.; BI, H. Stochastic structure and individual-tree growth models. **Forest Ecology and Management**. v. 154, p. 261-276, 2001.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Fundamentos de genética da conservação**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2008.

FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, F. A. Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana. **Biota Amazônia**. v. 5, n. 4, p. 27-33, Macapá, 2015. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/>.

FRITTS, H.C. **Tree rings and climate**. New York, London: Academic Press. 567 p. 1976

GARCIA, T. B.; GURGEL, E. S. C.; KIKUCHI, T. Y. S.; SILVA, W. L.; BEZERRA, S. M. **Anatomia foliar de três espécies medicinais de *Copaifera* L. (Leguminosae - Caesalpinioideae) da Amazônia Brasileira**. In: 63º Congresso nacional de botânica. Joenville/Santa Catarina. Resumos..., p. 282. 2012.

GORGENS, E. B.; MOTTA, A. Z.; ASSIS, M.; NUNES, M. H.; JACKSON, T.; COOMES, D.; ROSETTE, J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; OMETTO, J. P. The giant trees of the Amazon basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, p. 373-374. Aug, 2019. <https://doi.org/10.1002/fee.2085>.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. Análise multivariada de dados. Bookman, 6ª Edição, 688 p, 2009.

HECK, M. C.; VIANA, L. A.; VICENTINI, V. E. P. A importância do óleo de *Copaifera* sp. (copaíba). **Revista saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 7, n. 1, p. 82 - 90, Jan./Abr, 2012.

HERNANDES, A.; NATALE, W.; CAZETTA, J. O.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; ROMUALDO, L. M. Influência do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de caramboleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1220-1230, Dez, 2010.

HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta Amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. rev. e ampl. Manaus: INPA, 424 p, 2012.

HOMMA, A.K.O. **Extratativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília, DF: Embrapa, 468 p, 2014.

IAWA COMMITTEE. **IAWA list of microscopic features for hardwood identification**. IAWA Bulletin. Leiden, v. 10, n. 3, p. 221-322, 1989.

IDAM, Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. **Relatório de atividades (RAIDAM)**, p, 50-55, Manaus, AM, 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. 2001. **Mapa de solos do Brasil**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 01 de fev. 2019.

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. 2004. **Mapa de vegetação do Brasil**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 02 de fev. 2019.

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.

JONES, R.; OUGHAM, H.; THOMAS, H.; WAALAND, S. **The Molecular Life of Plants** - American Society of Plant Biologists, Wiley-Blackwell, UK, 2013.

JÚNIOR, C. G. P. **Distribuição e caracterização química da fertilidade dos solos do estado do Amazonas**. Dissertação (Dissertação em agronomia tropical) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, 2007.

JUNIOR, J. A. O.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, Ago, 2000.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 452 p, 2004.

KLAUBERG, C.; VIDAL, E.; RODRIGUES, L.C.E; DIAZ-BALTEIRO, L. Determining the optimal harvest cycle for copaiba (*Copaifera spp.*) oleoresin production. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v. 131, p. 116-122, Nov, 2014.

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. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>.

LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; AZEVEDO, C.R.; CAMPOS, C.A.; OLIVEIRA, A. **Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba**. (Série: Manejo Sustentável de Florestas Tropicais por Populações Tradicionais). Rio Branco: UFAC; SEF, 38 p, 2001.

LISBOA, P. L. B.; GOMES, I. A. G.; LISBOA, R. C. L.; URBINATI, C. V. Parte III – **O estilo amazônico de sobreviver: manejo dos recursos naturais**. In: LISBOA, P.L.B. (org.). *Natureza, homem e manejo de recursos naturais na região de Caxiuanã, Melgaço, Pará*. Belém, PA. 37 p, 2002.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521021222>.

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

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods a primer**. 3ª ed. London: Chapman e Hall/CRC, 208 p, 2004.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae- Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.

MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; ARAÚJO, E. M. **Carbono orgânico em solos sob floresta na Amazônia central**. In: Anais do Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Salvador, Bahia, 2013.

MARTINS, K.; HERRERO-JÁUREGUI, C.; COSTA, P.; TONINI, H.; BENTES-GAMA, M. M.; VIEIRA, A.H.; WADT, L.H.O. Interspecific differences in the oleoresin production of *Copaifera* L. (Fabaceae) in the Amazon rainforest. **Annals of forest Science**, France, v. 70, n. 3, p. 319-328, May, 2013.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, H. C. O Gênero *Copaifera* (Leguminosae- Caesalpinoideae) Na Amazônia Brasileira. **Rodriguésia** v. 59, n. 3, p. 455-476, 2008.

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

MATTOS; P. P.; BRAZ; E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Documento 218/112. 21 ed. Embrapa Florestas, Colombo, PR, Ago, 2011.

MEDEIROS, R. S. **Estudo da anatomia do lenho e dendrocronologia de árvores de *Copaifera multijuga* Hayne na Amazônia brasileira e sua relação com o manejo e extração de oleorresina**. Tese (Doutorado em silvicultura e manejo florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/São Paulo, Piracicaba. 2016.

MEDEIROS, R. S. **Sustentabilidade de Extração, Produção e Características Químicas do oleorresina de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne)**, Manaus-AM. Dissertação

(Mestrado em biologia tropical e recursos naturais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus-AM, 2006.

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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.009>.

MELO JÚNIOR, J. C. F.; CECCANTINI, C.; BONA, C. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. Iheringia, **Série Botânica**, Porto Alegre, v. 66, n. 2, p. 189-200, dez. 2011.

MELO, A. C. S.; MOREIRA, B. B.; ALENCAR, E. D. M. Análise de desempenho logístico das cadeias produtivas de produtos florestais não madeireiros oriundos da região amazônica. **Traços**, Belém, v. 12, n. 26, p. 27-37, Dez, 2010.

MELO, A. T. O. **Fluxo gênico e estrutura genética espacial de *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. (Meliaceae) em fragmentos florestais de mata atlântica**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2012.

MELO, F. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. Nobel, 1983.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses**. Clarendon Press, Oxford. p. 243-245. 1950.

MOLINE, E. F. V.; COUTINHO, E. L. Mendes. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 14-20, Jan./Mar. 2015. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1683>.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620903175371>

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 1103-1110, 2004.

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.

NASCIMENTO, M. E. **Caracterização anatômica em diferentes ambientes e óleos essenciais de cinco espécimes de *Copaifera langsdorffii* Desf.** Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2010.

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.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 97-101, Jan-Fev, 2007.

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.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D. **vegan: Community Ecology Package.** See <https://cran.Rproject.org/package=vegan>, 2018.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, G.; MINCHIN, P. R.; OHARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOEC, E.; H. WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-5**, 2019.

OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; ZOGHBI, M. G. B. Identificação da época de coleta do oleoresina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju, PA. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu-SP, v. 8, n. 3, p. 14-23, 2006.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; ABREU, H. S. Métodos e técnicas de diagnose de identificação dos anéis de crescimento de árvores tropicais. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 165-175, 2002.

PINTO, I. F.; OLIVEIRA, E. C. P.; OLIVEIRA, R. C.; REBELO, S.; SILVA, A. S. **Composição química do oleoresina de *Copaifera Duckei* Dwyer proveniente de coletas sazonais da Floresta Nacional do Tapajós**, PA. In: VII Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais. Santarém/Pará. 2013. Disponível em: http://www.sboe.net.br/viisboe/cd/Resumos/Resumo7SBOE_120.pdf> Acesso em: 05.01.2019.

PINTO, A.; AMARAL, P.; GAIA, C.; OLIVEIRA, W. **Boas práticas para o manejo florestal e agroindustrial de produtos florestais não madeireiros: açaí, andiroba, babaçu, castanha-do-Brasil, copaíba e unha-de-gato.** Belém-PA: AMAZON; Manaus-AM: SEBRAE-AM, 2010.

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.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 223 p, 1993.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 343 p, 1991.

RAMOS, S. L. F.; DEQUIGIOVANNI, G.; SEBBENN, A. M.; LOPES, M. T. G.; KAGEYAMA, P. Y. MACÊDO, J. L. V.; KIRST, M. VEASEY, E. Spatial genetic structure, genetic diversity and pollen dispersal in a harvested population of *Astrocaryum aculeatum* in the Brazilian Amazon. **BMC Genetics**. v. 17, n. 63, 2016. doi 10.1186/s12863-016-0371-8

R-CORE-TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, p. 488-494, 1949.

REIS, F. G. **Análise silvicultural através de fotografias hemisféricas de quatro espécies nativas em plantio consorciado em clareiras em regeneração em Presidente Figueiredo, Amazonas**. Dissertação (Mestrado em ciências de florestais tropicais). Instituto Nacional da Amazônia – INPA, Manaus, AM, 2012.

RIBEIRO, J.E.L.; HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A. DA S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, p. 816, 1999.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C. **Copaíba: estrutura populacional, produção e qualidade do oleorresina em populações nativas do sudoeste da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em ecologia e manejo de recursos naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco-AC, 2004.

RYAN, M. G.; PHILLIPS, N.; BOND, B. J. The hydraulic limitation hypothesis revisited. **Plant Cell Environ**. v. 29, p. 367-81. 2006. doi: 10.1111/j.1365-3040.2005.01478.x

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.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim da Embrapa, Campinas, SP, 2010.

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.

ROQUETTE, J.G. **Produtividade de oleorresina de *Copaifera* sp.: Relações dendrométricas, Edáficas e etática**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

SALIS, S. M.; SHEPHERD, G. J.; JOLY, C. A. Floristic comparison of meso-hytic semideciduous forests of the interior of the State of São Paulo, Southeast Brazil. **Vegetatio**, v. 119, p. 155-164, 1995.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. **Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização, mercado e competitividade empresarial**. Belém: Banco da Amazônia, 2008.

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.

SAMPAIO, P. T. B. **Copaíba (*Copaifera multijulga*)**. In: J. Clay; P. de T. B. Sampaio e C. R. Clement. (Org.). Biodiversidade Amazônica: exemplos e estratégias de utilização. 1 ed. Manaus: SEBRAE/AM, p. 206-215, 1999.

SARAÇLI, S.; DOĞAN, N.; DOĞAN, İ. **Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation**. J. Inequal. Appl., 2013. <https://doi.org/10.1186/1029-242X-2013-203>.

SARMENTO, P.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M.; SCHIAVUZZO, P. F.; VIDAL, R. R. Diagnose nutricional com relação à toxicidade por manganês nos cultivares crioula e xai 32 de alfafa. Boletim da Indústria Animal, **Nova Odessa**, v. 59, n.2, p. 137-145, 2002.

SCHÖNGART, J.; GABRIEL, R.; FONSECA-JUNIOR, S. F. Age and Torbjørn Haugaasen. Age and growth patterns of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 550–558, 2015.

SDS, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (Amazonas). **Plano de Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma**. v. 1 e 2. 2010.

SILA, F. P.; BARBOSA, BRITO, J. I. B.; OLIVEIRA, G. B. Investigação da variabilidade interanual e interdecenal do clima do estado do Amazonas. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria v. 38, n. 3, Set-Dez. p. 1426 – 1439, 2016.

SILVA, A. S. **Dendrocronologia das árvores de *Copaifera duckei* Dwyer em florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental**. Dissertação (Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

SILVA, C. K. **Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros no contexto Amazônico - o cipó-titica (*Heteropsis spp.*) e o óleo de copaíba (*Copaifera spp.*)**. 145 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/São Paulo, Piracicaba, 2014.

SILVA, E. S. **Análise dos aspectos socioeconômicos, fito-demográficos, genéticos e físico-químicos da extração do oleorresina de *Copaifera reticulata* em duas comunidades da FLONA do Tapajós, Pará**. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2011.

SILVA, K. E.; PEREIRA, K. P. **Alterações na cobertura vegetal dos municípios do Sul do Amazonas**. Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia Brasil. p. 1667 – 1671, 2005.

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

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

SHIMODAIRA, H. **Assesing the uncertainty of the cluster analysis using the bootstrap resampling**, Proceedings of the Institute of Statistical Mathematics, 80:33-44, 2002.

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

SMOUSE, P. E.; SORK, V. L. Measuring pollen flow in forest trees: an exposition of alternative approaches. **Forest Ecology and Management** v. 197. p. 21-38. 2004. doi:10.1016/j.foreco.2004.05.049.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, Berlin, v. 11, n. 1, p. 30-40, 1962.

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.

SOUZA, H. S. **Análise multivariada de atributos químicos e físicos do solo e crescimento da Teca em sistema agroflorestal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2017.

SQUILASSI, M.G. **Interação de genótipos com ambientes**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2003, 47p. Disponível em <http://www.cpatc.embrapa.br>. Acesso em 14.06.2020.

SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. Pvclost: An R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. **Bioinformatics** v. 22, n. 12. p. 1540-1542, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888p, 2017.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das arvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia**. In: MAIA, N. B.; MARTHOS, H. L.; BARBARELLA, W. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: Educ, Comped, Inep, p. 117-143, 2001.

VASCONCELOS, A. A.; DANTAS FILHO, H. A.; GOMES, B. S.; DANTAS, K. G. F.; CUNHA, R. L.; CUNHA, E. F. M.; ARAÚJO, F. C. B.; LOPES, A. S.; CAMPOS, W. E. O.; TAUBE, P. S. Determinação dos Teores de Cu, Fe, Mn e Zn por FAAS em Raízes de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) da Amazônia Oriental. **Revista Virtual Química**. v. 9, n. 6, p. 2316-2331, 2017.

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

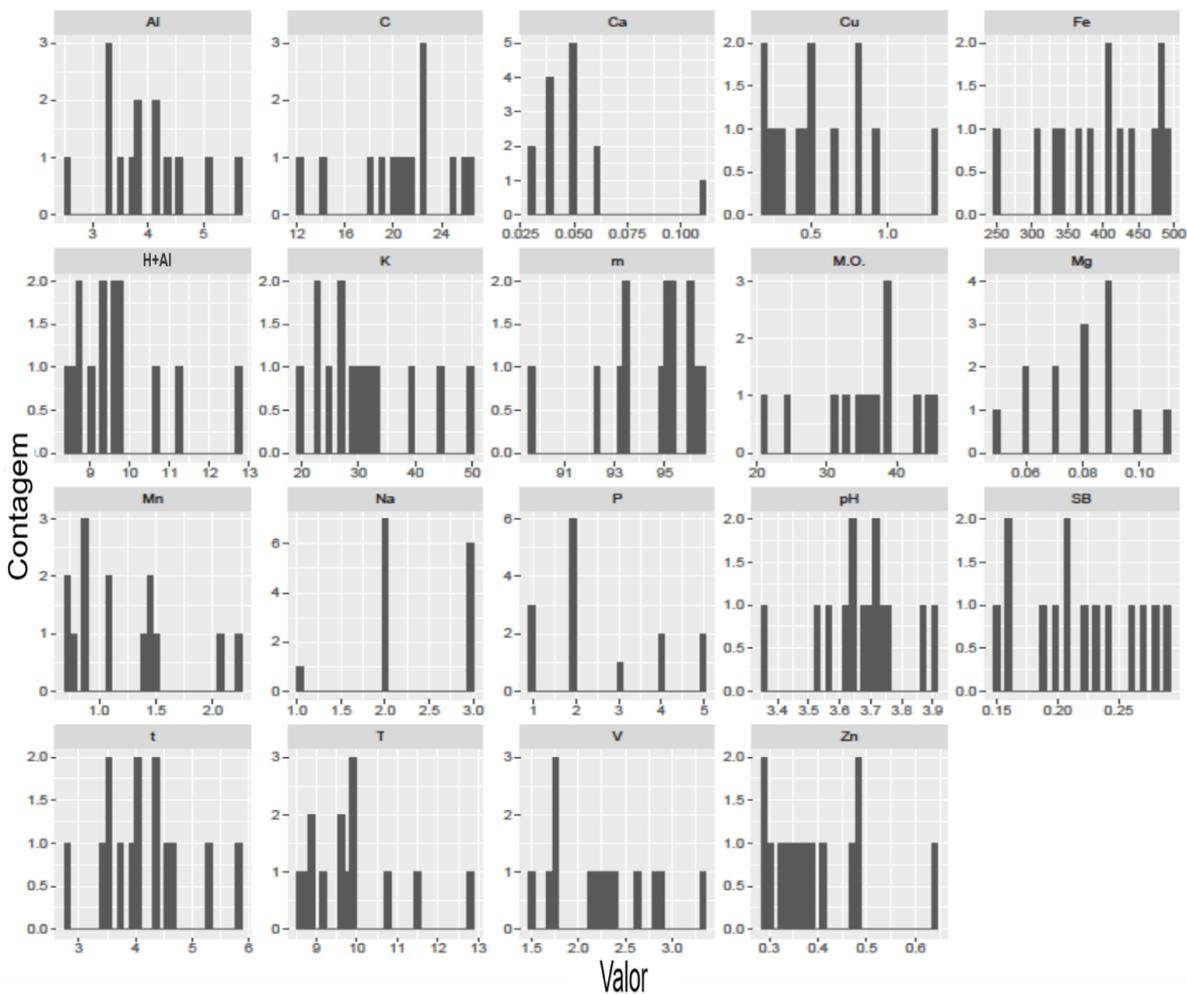
WADT, L. H. O.; JÁUREGUI, K. M. C. H.; ARAÚJO, E. A.; FELINTO, A. S.; VIEIRA, A. H.; BENTES-GAMA, M. **Efeito do tipo e época de extração na produção de oleorresina de copaíba**. Anais... Caxambu - MG, 2007.

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

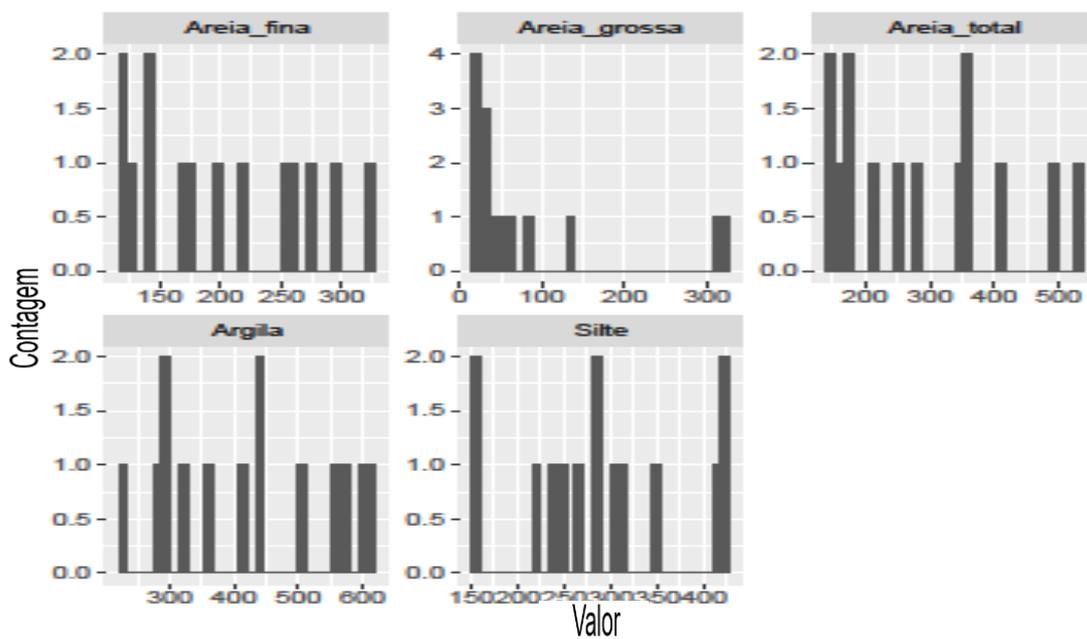
YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 1, p. 145-146, 2005.

ZENID, G. J. Madeira Na Construção Civil, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A - IPT, SVMA, 2. ed. São Paulo, 2009.

APÊNDICE A



(B)



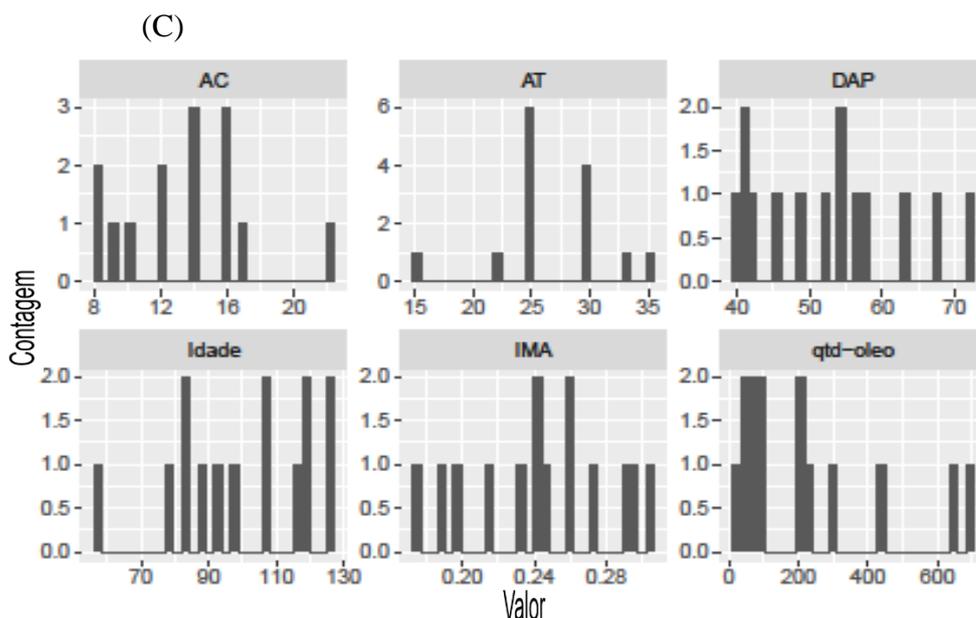


Figura -10. Distribuição dos valores das variáveis estudadas, associados às 14 árvores de *Copaifera multijuga* Hayne, Manicoré-AM, onde (a) representa os atributos químicos do solo (Al=alumínio (cmolc/dm³), C=carbono (g/kg), Ca=cálcio (cmolc/dm³), Cu=cobre (mg/dm³), Fe=ferro (mg/dm³), H+Al= acidez potencial (cmolc/dm³), K=sódio (mg/dm³), m=índice de saturação por alumínio (%), MO=matéria orgânica (g/kg), Mg=magnésio (cmolc/dm³), Mn=manganês (mg/dm³), Na=sódio (mg/dm³), P=fosforo (mg/dm³), pH=potencial hidrogeniônico, SB=soma de bases trocáveis (cmolc/dm³), t=capacidade de troca catiônica efetiva (cmolc/dm³), T=capacidade de troca catiônica (cmolc/dm³), V=índice de saturação por bases (%), Zn=zinco (mg/dm³); (b) atributos físicos do solo (areia fina (mm), areia grossa (mm), areia total (mm), argila (mm), silte (mm) e (c) variáveis dendrométricas (AC=altura comercial (m), AT=altura total (m), DAP=diâmetro altura do peito (cm), idade (ano), IMA=incremento médio anual (cm ano⁻¹) e quantidade de óleo (ml)).

APÊNDICE D

Classes de DAP, produção de óleo e idade média das árvores que compõe a classe de DAP.

CL_DAP (cm)	Prod. óleo (ml)	Idade média das árvores (ano)
30<40	50	58
40<50	870	94
50<60	2.080	101
60<70	100	126,5
>70	75	119