

COPAÍBA

(*Copaifera* spp.)



Osmar Alves Lameira

Osmar Alves Lameira

Copaíba (Copaifera spp.)

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Lameira, Osmar Alves
L232C Copaíba (Copaifera spp.)

/ Osmar Alves Lameira. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

136 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl678

ISBN: 978-65-5367-255-0

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. copaibeira 2. taxonomia 3. oleorresina 4. caracterização-morfológica 5. fitopatógenos I. Lameira, Osmar Alves II. Título

CDU: 570

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl678>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

CAPÍTULO 1	5
BOTÂNICA E DISPERSÃO: HISTÓRIA TAXONÔMICA DO GÊNERO COPAIFERA	
Regina C. V. Martins-da-Silva	
Haroldo Cavalcante Lima	
Jorge Fontella	
DOI 10.37423/230207203	
CAPÍTULO 2	18
MORFOLPÓLEN DE COPAIFERA L. (FABACEAE DETARIOIDEAE)	
Flávia Cristina Araújo Lucas	
Léa Maria Medeiros Carreira	
Thalia do Socorro Serra Gama	
DOI 10.37423/230207204	
CAPÍTULO 3	62
COPAIFERA SPP. NATIVAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA: VARIABILIDADE QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DOS PRINCIPAIS TERPENÓIDES	
Maria das Graças Bichara Zoghbi	
DOI 10.37423/230207205	
CAPÍTULO 4	85
PRODUÇÃO DA OLEORRESINA DE COPAÍBA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE	
Osmar Alves Lameira	
Elaine Cristina Pacheco de Oliveira	
DOI 10.37423/230207206	
CAPÍTULO 5	103
MORFOTIPOS DE COPAIBEIRA	
Osmar Alves Lameira	
Helaine Cristine Gonçalves Pires	
Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro	
Meiciane Ferreira Campelo	
Anderson da Costa Silva	
DOI 10.37423/230207207	
CAPÍTULO 6	118
ATIVIDADE FITOPATOGÊNICA DO ÓLEO DE COPAÍBA	
Elaine Cristina Pacheco de Oliveira	
Christian Néri Lameira	
Osmar Alves Lameira	
Helaine Cristine Gonçalves Pires	
DOI 10.37423/230207208	

USO DA OLEORRESINA DE COPAÍBA

Cristian Néri Lameira

Osmar Alves Lameira

José Rafael Santos Botelho

DOI 10.37423/230207209

Capítulo 1



10.37423/230207203

BOTÂNICA E DISPERSÃO: HISTÓRIA TAXONÔMICA DO GÊNERO COPAIFERA

Regina C. V. Martins-da-Silva

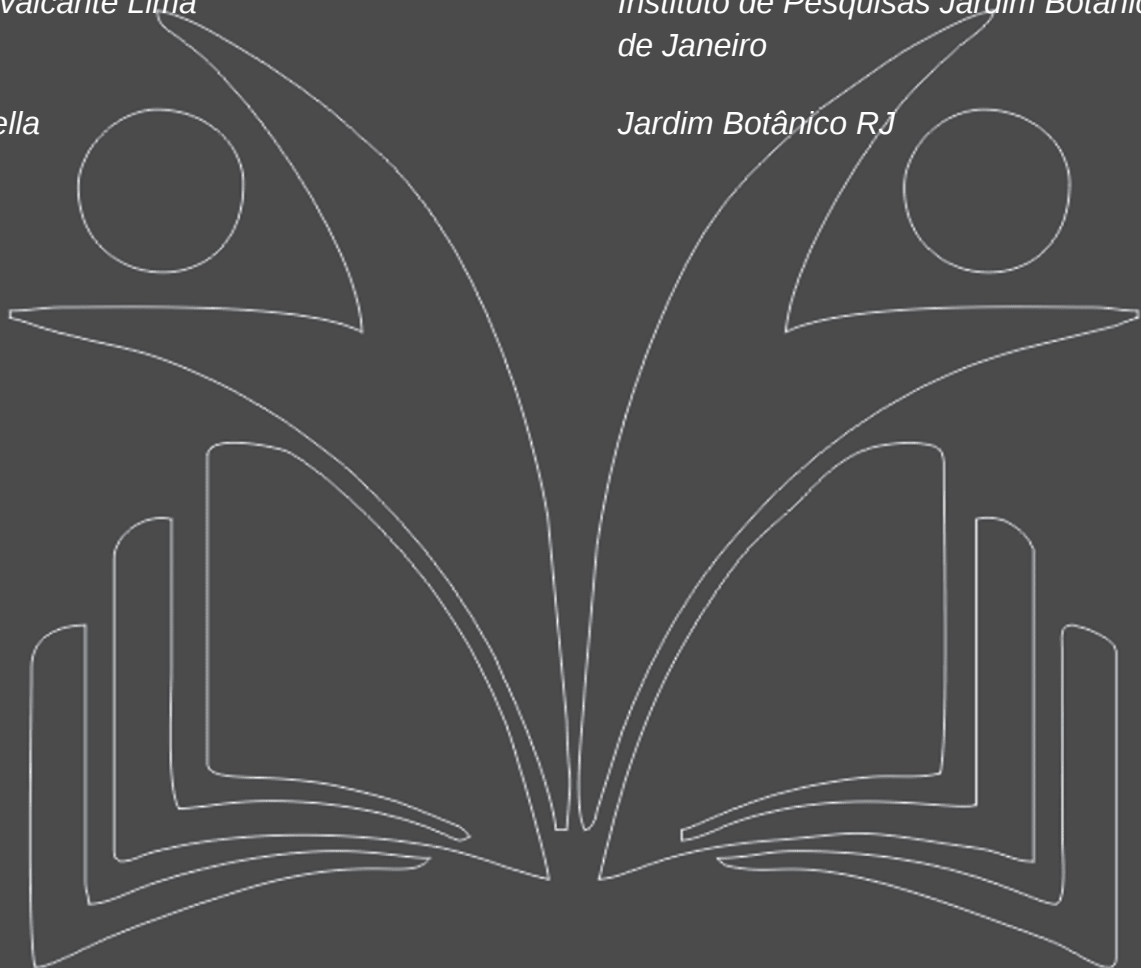
Embrapa Amazônia Oriental

Haroldo Cavalcante Lima

*Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio
de Janeiro*

Jorge Fontella

Jardim Botânico RJ



O nome “copaíba” é de origem Tupi “Kupa `iwa” (Ferreira, 1988; Houaiss; Vilar, 2001) e refere-se às espécies do gênero *Copaifera*, classificada em Leguminosae. Habita as regiões tropicais dos continentes, americano e africano. Provavelmente, a primeira referência sobre esse gênero está contida em um relatório escrito por Petrus Martys para o Papa Leo X, publicado em 1534, em Strassburg, no qual foi referido como “copei” (apud LLOYD, 1898; DWYER, 1951). Mais tarde, em 1625, foi mencionado como “cupayba” pelos monges portugueses quando eles escreveram sobre o Brasil e seus produtos.

Lloyd (1898) acrescentou que, provavelmente, o Monge Manoel Tristaon, do Convento da Bahia, deve ter contribuído com essas informações, e que a copaibeira está descrita como uma árvore muito grande, reta e alta, que tem muito óleo no seu interior, o qual é empregado como remédio e para iluminação. Léry (1576), ao escrever sobre sua viagem ao Brasil, referiu-se a uma árvore denominada “copay” que produzia tábuas empregadas na marcenaria e que os veios dessa madeira pareciam com os da noqueira; acrescentou, ainda, que existiam muitas variedades e, que ficaria cansativo descrever todas. Gandavo (1579) comentou que na Capitania de Pernambuco, havia algumas árvores denominadas “copahibas” das quais se extraía um bálsamo utilizado em várias enfermidades e que os animais, por instinto natural, quando se acham feridos, buscam esse bálsamo para curar seus males.

Em 1648, no livro organizado por Gulielmi Pisonis “*Historia Naturalis Brasiliae*”, o gênero *Copaifera* encontra-se designado como “copaiba”, sendo considerado o primeiro, dentre os vários bálsamos produzidos no Brasil. Nessa obra há, ainda, um breve comentário sobre a árvore, seus ramos, folhas, flores, frutos, período de frutificação e usos medicinais. Na mesma publicação, está contido o capítulo escrito por Georgi Marcgravi “*Historiae Rerum Naturalium Brasiliae*”, no qual também é utilizado o mesmo termo para designar esse gênero, porém, acrescentando seu uso como produtor de madeira. (MARCGRAVI, 1648; PISO, 1648).

Em 1658, no livro de Pisonis, “*Indiae Utriusque Re Naturali et Medica*”, há informação de que, para muitos habitantes da América, todas as resinas odoríferas e gomas são chamadas de copal, porém uma excelente árvore produtora de resina é conhecida pelos nomes “copaliba” ou “copaiba”, e da mesma forma que na sua publicação citada anteriormente, o autor também se refere às propriedades medicinais dessas plantas (PISO, 1658). Os comentários morfológicos inerentes à “copaíba” feitos por Marcgravi (1648) e Piso (1648), ou seja: “*flore pentaphyllo rotundo*”, deixam dúvida se realmente examinaram material botânico de *Copaifera* ou se cometeram algum engano ao se referirem às sépalas das plantas observadas, pois os dois autores as consideraram em número de cinco; além disso,

a ilustração contida em Piso (1658) apresenta flores pentâmeras (Figura 1), totalmente diferentes daquelas de *Copaifera*.

Linneu (1749), em sua obra “Materia Medica”, citou o gênero *Copaifera*, como *Copaiva*, ocorrente em “Brafilia infula Maranehon”, e fez referência à obra de Marcgravi (1648). Jacquin (1760) descreveu a primeira espécie de *Copaifera* referindo-a no sistema binomial, a qual denominou de *Copaiva officinalis* Jacq.; porém, parece que não observou as flores de *Copaifera* para fazer sua descrição, pois as descreveu com cinco pétalas; podendo-se deduzir que Jacquin se baseou no texto e na ilustração contidos nos trabalhos de Piso (1648) e Marcgrave (1648) para descrever essa estrutura, visto que cita a obra de Marcgrave (1648). Esse fato gerou um grande mal entendido quanto à identificação da espécie de Jacquin, posto que, o mesmo estava observando uma planta na Martinica e, Piso e Marcgrave estavam o mesmo fazendo em outra planta na região de Pernambuco e Maranhão, onde, *C. officinalis* não ocorre.



Figura 1. Ilustração de *Copaifera* contida em Piso (1658).

Linneu (1762) alterou a grafia do gênero para *Copaifera*, conservando o epíteto específico utilizado por Jacquin. Entretanto, Jacquin (1763) redescreveu *Copaiva officinalis*, porém, diferente de seu trabalho comentado no penúltimo parágrafo, referiu-se à ausência de cálice e apresentou a corola com quatro pétalas, que, hoje, se sabe que são sépalas e não pétalas.

De acordo com o Princípio III (Princípio da Prioridade) e o Artigo 13 (Ponto de partida de publicação válida) do CINB (Código Internacional de Nomenclatura Botânica), o nome válido para o gênero em estudo seria *Copaiva*, utilizado por Jacquin (1760), porém *Copaifera* foi proposto e aceito como nom.

cons. contra *Copaiva*. Assim sendo, atualmente, o nome válido para esse gênero é *Copaifera*, sendo Linneu seu autor.

Desfontaines (1821) descreveu duas espécies novas, *Copaifera guyanensis* Desf. e *C. langsdorffii* Desf.; nesse mesmo trabalho, mudou o nome da espécie-tipo do gênero para *Copaifera jacquini* baseando-se em *Copaiva officinalis* Jacq. Considerando que Desfontaines (1821) propôs essa mudança 59 anos depois de Linneu ter modificado a grafia do gênero para *Copaifera* L., Dwyer (1951) pode restabelecer o nome *Copaifera officinalis* L..

Martius (1823) descreveu *Copaifera coriaceae* Mart. e informou que a mesma é aplicada na medicina doméstica. Hayne (1827) descreveu onze espécies novas (*Copaifera beyrichii* Hayne, *C. bijuga* Hayne, *C. cordifolia* Hayne, *C. jussieui* Hayne, *C. laxa* Hayne, *C. martii* Hayne, *C. multijuga* Hayne, *C. nitida* Hayne, *C. oblongifolia* Hayne, *C. sellowii* Hayne, *C. trapezifolia* Hayne, duas variedades (*C. trapezifolia* var. *crassiuscula* Hayne e *C. trapezifolia* var. *tenella* Hayne) e avaliou mais cinco espécies descritas, anteriormente, por outros autores. Dentre os táxons descritos por Hayne (1827), somente *C. beyrichii* não se encontra mais no gênero, atualmente, é considerada sinônimo de *Connarus beyrichii* Planch. (FORERO, 1983).

Vogel (1837) descreveu *Copaifera glabra* Vog. que mais tarde foi reduzida à variedade de *C. langsdorffii* por Benthham (1870). Benthham (1865) ampliou o conceito de *Copaifera* e considerou como sinônimos desse gênero, *Guibourtia* Bennett e *Gorskia* Bolle; os quais haviam sido descritos, respectivamente, por Bennett (1857) e por Bolle (1864). Desse modo, o gênero *Copaifera* sensu lato englobava as espécies multifolioladas com folíolos não falciformes, bifolioladas com folíolos falciformes e uma espécie com um folíolo terminal não falciforme. Baillon (1870) tratou o gênero de forma ampla, caracterizando-o bem detalhadamente, porém não descreveu táxon novo.

Moricand (1833) descreveu *Copaifera hymenaeifolia*, a primeira espécie americana unijuga de *Copaifera*. Posteriormente, esta foi transferida para o gênero *Pseudocopaiva* por Britton e Wilson (1929). A seguir, Léonard (1949) transferiu-a para o gênero *Guibourtia*. Interessante comentar que, desde 1924, a posição taxonômica dessa espécie já havia sido questionada por Record (1929), que estudando as madeiras da América tropical, comentou que não entendia porque a “quiebrahacha” de Cuba era denominada de *Copaifera hymenaeifolia* Moric., posto que a mesma possui a madeira totalmente diferente das demais espécies desse gênero, eis que não apresenta canais secretores e sua densidade corresponde ao dobro da existente na madeira das espécies de *Copaifera* americanas com mais de uma joga. Record (1934) comentou que havia discutido essa diferença da madeira com três

sistematas, os quais lhe informaram que essa espécie estava corretamente colocada no gênero *Copaifera*. O referido autor ouviu a explicação, mas o questionamento continuou em sua mente até 1929, quando, visitando o Jardim Botânico de Nova York, expôs o problema para Percy Willson que o presenteou com o manuscrito da proposta escrita por ele e N.L. Britton para publicar na flora da América do Norte, no qual haviam colocado *C. hymenaeifolia* em um gênero novo *Pseudocopaiva* (RECORD, 1934).

Harms (1899, 1903, 1910, 1922, 1924, 1927, 1928 e 1936) publicou 10 espécies novas de *Copaifera*, descreveu sozinho nove delas (*C. baumiana* Harms, *C. canime* Harms, *C. demeusei* Harms, *C. dinklagei* Harms, *C. luetzelburgii* Harms, *C. mildbraedii* Harms, *C. malmei* Harms, *C. schliebenii* Harms e *C. tessmannii* Harms) e em co-autoria descreveu *C. venezuelana* Pittier & Harms; apenas quatro (*C. canime*, *C. luetzelburgii*, *C. malmei* e *C. venezuelana*) são americanos e os demais, africanos.

Bentham (1870) tratou taxonomicamente, 11 espécies e cinco variedades; sendo *Copaifera confertiflora*, *C. marginata*, *C. rigida* e *C. langsdorffii* var. *grandifolia* táxons novos. Bentham (1865) sinonimizou três espécies: *C. sellowii* e *C. nitida* passaram a sinônimo de *C. langsdorffii* e, *C. cordifolia* passou a sinônimo de *C. coriacea*. Reduziu, ainda, três espécies ao nível de variedade: *C. glabra* e *C. laxa* passaram a variedade de *C. langsdorffii*; e *C. pubiflora* Benth. a variedade de *C. martii*.

Léonard (1949), estudando a tribo Amherstieae, comentou que a distribuição geográfica das espécies não contribui para separar *Copaifera sensu lato* em dois grupos, ou seja, americanas e africanas, pois as espécies com mais de uma juga ocorrem em maior número na América tropical, cerca de 25 espécies, do que na África com apenas cinco espécies. Em contrapartida, as espécies com uma juga ocorrem em maior número na África, onde existem 11 espécies, do que na América, apenas com quatro espécies. Assim sendo, os dois grupos são comuns aos dois continentes, porém com distribuição extremamente desigual. Excluiu *C. le-testui* Pell. do gênero *Copaifera* e propôs a combinação nova *Sindoropsis le-testui* (Pell.) J. Léonard. Essa espécie foi originalmente descrita como parte do gênero *Detarium* Juss. Com essa proposta de Léonard, as espécies africanas de *Copaifera* somam apenas quatro e uma variedade. Léonard baseou-se, na forma falciforme dos folíolos, na presença de apenas uma juga, prefloração imbricada do cálice e na disposição das flores no eixo floral em um ou mais planos, para restabelecer o gênero *Guibourtia*, considerando como sinônimos desse, *Gorskia* e *Pseudocopaiva*. Por esta forma, todas as espécies do gênero *Copaifera* com apenas uma juga passaram ao gênero *Guibourtia*, independente de sua ocorrência na África ou na América. Ficando *Guibourtia* com 11 espécies e uma variedade africanas e, quatro espécies e uma variedade americanas,

enquanto que *Copaifera* ficou com cerca de 25 espécies sulamericanas e, quatro espécies e uma variedade africanas.

Léonard (1949) reforçou sua decisão, baseando-se em dados de anatomia da madeira, dividiu o gênero *Copaifera sensu lato* em dois grupos: um apresentando canais secretores verticais dispostos em zonas concêntricas, tendo estas duas ou mais jugas e outro onde esses canais estão ausentes e têm apenas uma joga. Descreveu, ainda, um gênero novo, *Colophospermum* J. Léonard, a partir de *C. mopane* J. Kirk ex Benth. esse gênero já havia sido proposto por Kirk, porém, não publicado. Para propor o referido gênero, Léonard baseou-se na ausência de bractéolas nas flores, prefloração alterna das sépalas, número de estames (20 a 25), número de óvulos (um), vesículas resiníferas recobrimdo as sementes e os cotilédones tipicamente ruminados.

Pseudosindora palustris Symington (1942) foi transferida para *Copaifera* por De Wit (1953), entretanto, Léonard (1957) preferiu deixá-la em *Pseudosindora* face, principalmente, à disposição das flores em mais de um plano, porém, mesmo assim, Hutchinson (1964) e Hou (1994) consideraram esse gênero como sinônimo de *Copaifera*; diante disso, a posição dessa espécie continua duvidosa. Visto que o próprio autor, ao descrevê-la, fez referência à ausência de canais intercelulares no tronco, baseando-se nesse caráter para diferenciá-la de *Sindora* Miq., torna-se difícil aceitar que a mesma esteja inserida em *Copaifera*, visto que este gênero caracteriza-se, anatomicamente, pela presença de canais intercelulares axiais distribuídos, concentricamente, em faixas de parênquima axial marginal ao longo do tronco. Esses dados vêm sendo confirmados nos estudos realizados por Record e Hess (1972); Reitz *et al.* (1979); Paula (1981); Barbosa (1981); Alencar (1982); Détienne e Jacquet (1983); Santos (1987); Fedalto *et al.* (1989); Mainieri e Chimelo (1989); Inzunza (1992) e Marcati *et al.* (2001).

Quirk (1983) estudando macro e microscopicamente a madeira das espécies nativas da Ásia e da Austrália, a fim de produzir informações para um banco de dados de identificação de madeiras comerciais de Leguminosae, envolveu em sua pesquisa *Pseudosindora palustris* Symington; como resultado, caracterizou-a com ausência de canais intercelulares; informou, ainda, que dentre os quatro espécimes analisados, apenas em um observou canais, porém traumáticos. Sabendo-se que *Copaifera* é caracterizada por apresentar canais intercelulares como referido anteriormente, e que os mesmos não são de origem traumática, não se considera, neste estudo, essa espécie em *Copaifera*. Não se teve oportunidade de examinar material botânico da mesma, porém, na ilustração de Symington (1942), é possível observar significativo pedicelo nos botões, enquanto que em *Copaifera*, são sésseis; os estames parecem dispostos bem encostados ao ovário, entretanto em *Copaifera*, esses se distribuem na periferia de um pequeno disco no qual o ovário ocupa a posição central. Assim como na diagnose

(Symington, 1042), também nos trabalhos de De Wit (1953) e de Hou (1994), não foram encontradas informações sobre a presença de nervuras intersecundárias nos folíolos. Portanto, se *Pseudosindora palustris* não for considerada sinônimo de *Copaifera*, a ocorrência de *Copaifera* limita-se apenas aos continentes americano e africano, visto que *C. palustris* seria o único representante do gênero na Ásia.

O trabalho de Dwyer (1951) é a mais recente publicação que trata do gênero *Copaifera* de forma ampla, e contém a descrição de 28 espécies e quatro variedades, das quais seis espécies (*C. brasiliensis*, *C. duckei*, *C. gynohirsuta*, *C. laevis*, *C. lucens* e *C. majorina*) e uma variedade (*C. langsdorffii* var. *krukovii*) foram propostas como novas. Dwyer (1951) concordou com Benthams (1870), ao passar *C. cordifolia* para sinônimo de *C. coriacea* e ao considerar *C. sellowii* e *C. nitida* sinônimos de *C. langsdorffii*, assim como, deixou *C. glabra* e *C. laxa*, como variedades de *C. langsdorffii*. Dwyer (1951), discordando de Benthams (1870) considerou *C. rigida* e *C. martii* var. *rigida* (Benth.) Ducke como sinônimos de *C. martii*; *C. beyrichii* e *C. bijuga* foram sinonimizadas a *C. guyanensis*; *C. martii* var. *pubiflora* Benth., passou a sinônimo de *C. pubiflora*.

Ducke foi um dos pesquisadores que mais contribuiu para o conhecimento de *Copaifera* no Brasil, publicando dez trabalhos sobre esse gênero, no período de 1915 a 1959, tendo descrito cinco táxons novos: *C. cearensis* Ducke, *C. cearensis* var. *arenicola* Ducke, *C. glycyarpa* Ducke, *C. piresii* Ducke e *C. reticulata* Ducke (DUCKE, 1915, 1922, 1925a, 1925b, 1930a, 1930b, 1932, 1949, 1958, 1959).

Ducke (1959), em seu estudo sobre as plantas do Ceará, propôs passar para sinônimo de *C. coriacea* os seguintes táxons: *C. coriacea* tratada por Hayne (1827), *C. coriacea* tratada por Benthams (1870) – pro parte, *C. coriacea* tratada por Harms (1924) e *C. coriacea* tratada por Dwyer (1951) – pro parte; da mesma forma que *C. martii* tratada por Hayne (1827), por Benthams (1870) e por Dwyer (1951); além disso, acrescentou, ainda, *C. rigida* tratada por Benthams (1870) e *C. martii* var. *rigida* tratada por Ducke (1930a). Explicou, porém, que discordava de Benthams (1870) e de Dwyer (1951) quanto à junção de *C. coriacea* e *C. cordifolia*, justificando que *C. coriacea*, de acordo com a diagnose original, tem três a quatro jugas e, que Benthams (1870) não deveria ter juntado a esta, *C. cordifolia* que possui cinco jugas. Quanto à *C. coriacea* de Dwyer (1951), achou que estava muito confusa e parecia um misto de vários táxons, no qual, nem essa espécie estivesse contida, pois esse autor a descreveu apresentando 8-10 jugas. Todavia, estava de acordo com a união de *C. martii* e *C. rigida* proposta por Dwyer (1951).

Muitos outros pesquisadores também contribuíram para aumentar o conhecimento sobre *Copaifera* no Brasil, dentre os quais pode ser citado Hoehne (1919) e Rizzini (1971, 1977) que descreveram novos táxons; o primeiro descreveu *C. rondonii* e o segundo, *C. bulbotricha* e *C. nana*. Dos cerca de 100 nomes publicados em *Copaifera*, alguns deles foram considerados sinônimos e muitos foram transferidos para outros gêneros, ao longo dos estudos de *Copaifera* realizados por vários autores; dessa forma, aproximadamente

43 espécies são aceitas atualmente nesse gênero, porém, algumas são possíveis sinônimos. *Copaifera* encontra-se distribuído na África (apenas quatro espécies), América do Sul (ca. 37) e Central (quatro espécies); se *Pseudosindora* for sinônimo de *Copaifera*, o gênero encontra-se também na Ásia (uma espécie). No Brasil, ocorrem em torno de 28 espécies, das quais nove se encontram na Amazônia brasileira (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. da C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne - Leguminosae, na Amazônia Central. 2-Produção de óleo-resina. *Acta Amazônica*, v.12, n.1, p.75-89, 1982.
- BAILLON, H. *Histoire des Plantes*. Paris: Librairie Hachette ETC, v.2, p.140-167, 1870.
- BARBOSA, O. Características estruturais do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. e de *Copaifera lucens* Dwyer. *Silvicultura*, São Paulo, v.15, n.16, p.23-36, 1981.
- BARNEBY, R. C. et al. *Caesalpiniaceae*. In: BERRY, P. E.; HOLST, B. K.; YATSKIEVYCH, K. (Eds). *Flora of the Venezuelan Guayana*. St. Louis: Missouri Botanical Garden, v.4, p.45-47. 1995.
- BENNETT, A. Description of the kono-tree, a genus of Leguminosae. collected by Dr. W. F. Daniel, in Sierra Leone. *Proceedings of the Linnean Society, Botany*, v.1, p.149, 1857.
- BENTHAM, G. Description of some new genera and species of tropical Leguminosae. *Transactions Linnean Society of London*, v.25, p.297-320, 1865.
- BENTHAM, G.. Leguminosae II. Swartzieae et Caesalpinieae, In: MARTIUS, C. F. P. von; EICHER, A.W.; URBAN, I. (Eds.). *Flora Brasiliensis...*, Monachii: Friid Fleischer, v.15, pt.2, p.239-249. 1870.
- BOLLE In: PETERS, W. C. H. *NaturwissReise Mossambique, Botanik*. Berlim: Druck und Verlog Von Georg Reimer, v.2, p.15. 1864.
- BRITTON, N. L.; WILLSON, P. Expedition to the Peruvian Amazon. *Tropical Woods*, New Haven v.20, p.20. 1929.
- DE WIT. *Copaifera palustris* (Symington) De Wit, comb. nov. *Webbia*, v.9, n.2, p.462-463, 1953.
- DESFONTAINES, M. Observations sur le genre *Copaifera*. Description de deux nouvelles espèces. *Mémoires du Muséum d' Histoire Naturelle*, v.7, p.376, tab.13-14, 1821.
- DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des regions voisines. Guyane Française: Centre Technique Forestier Tropical. 1983. 640p.
- DUCKE, A. Plantas novas ou pouco conhecidas da região amazônica (I). *Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, v.1, p.22, 1915.
- DUCKE, A. Plantas novas ou pouco conhecidas da região amazônica (II). *Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, v.3, p.89-90, 1922.
- DUCKE, A. Plantas novas ou pouco conhecidas da região amazônica (III). *Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, v.4, p.45-47, 1925a
- DUCKE, A. As leguminosas do Estado do Pará. *Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro*, separata, Rio de Janeiro, v.4, p.261. 1925b

DUCKE, A. Plantes nouvelles ou peu connues de la région amazonienne (IV). Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v.5, p.127-129, 1930a.

DUCKE, A. As Leguminosas do Estado do Pará. Archivos do Jardim Botânico [do] Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v.5, p.195, 1930b. Suplemento.

DUCKE, A. Notes sur l'origine du copahu de la région amazonienne. Tropical Woods, New Haven, v.32, p.28, 1932.

DUCKE, A. Notas sobre a flora Neotrópica - II; As leguminosas da Amazônia brasileira. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte, Belém, v.18, p.1-248. 1949.

DUCKE, A. Notas adicionais às leguminosas da Amazônia Brasileira. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte, Belém, v.36, p.73-74. 1958.

DUCKE, A. Estudos botânicos no Ceará. Notas sobre sistemática. Anais [da] Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.291, 1959.

DWYER, J. D. The Central American, West Indian and South American Species of *Copaifera* (Caesalpiniaceae). Brittonia, New York, v.7, n.3, p.143-172, 1951.

FEDALTO, L. C.; MENDES, I. da C. A.; CORADIN, V. T. R. Madeiras da Amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós. Brasília: Ibama, 1989. 156p.

FERREIRA, A. B. de H. Novo dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova fronteira. 1988. 1498p.

FORERO, E. Connaraceae. Flora Neotropica, New York, v.36, p.76, 1983.

GANDAVO, P. de M. História da provincia Sã[n]cta Cruz que vulgarme[n]te chamamos Brasil / feita por Pero Magalhães Gandavo. – Lisboa: na officina de Antônio Gonsalvez: vendense em casa de João Lopez, 1576 – 48f.: 1 est.; 4º (18 cm) <http://purl.pt/121>. - Assin: A-F//8. - Anselmo 709. - Faria – BN Rio Janeiro p.38. – Museum 150 coln 204. ?1579.

HARMS, H. Leguminosae africanae II. Botanische Jahrbücher für Systematik, Leipzig, v.26, p.265, 1899.

HARMS, H. In: WARBURG, O. (ed.) Kunene-Sambesi Expedition, 1903, p.246.

HARMS, H. Über die Stammpflanze des Kamerun-Kopals und eine neue *Copaifera*-Art aus Spanisch-Guinea. Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem, Berlin, n.46, p.181-183, 1910.

HARMS, H. In: PILGER, R. Plantae Luetzelburgianae brasiliensis III. Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem, Berlin, v.8, n.72, p.147-148. 1922.

HARMS, H. Leguminosae. In: PILGER, R. Plantae Luetzelburgianae brasiliensis III. Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem, Berlin, v.8, n.80. p.713-714, 1924.

HARMS, H. In: PITTIER, H. Árboles y Arbustos Nuevos de Venezuela. Boletín del Ministerio de Relaciones Exteriores, Caracas, v.6/9, p.93-103, 1927.

HARMS, H. Leguminosae americanae novae VIII. Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis, Berlin, v.24, p.210, 1928.

HARMS, H. Leguminosae VI. In: MILDBRAED, J. Neue und seltene Arten aus Ostafrika (Tanganyika-Territ. Mandat) leg. H.J. Schlieben, XII. Notizblatt des Botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem, Berlin, v.13, n.118, p.415-416, 1936.

HAYNE, F. G. Getreue Darstellung und Beschreibung der in der Arzneykund gebräuchlichen Gewächse, wie auch solcher, welche mit ihnen verwechselt werden können. Berlin: Auf. Kosten des Versfassers, 1827. v.10.

HOEHNE, F. C. LEGUMINOSAS. IN: Comissão de Linhas Telegraphicas Estrategicas de Matto Grosso ao Amazonas. HISTORIA NATURAL BOTÂNICA. RIO DE JANEIRO, 1919. PT.8, P.30. (PUBLICAÇÃO, N.45. ANNEXO 5).

HOU, D. Studies in Malesian Caesalpinioideae (Leguminosae). 1. The genera *Acrocarpus*, *Afzelia*, *Copaifera* and *Instisia*. Blumea, Leiden, v.38, p.313-330, 1994.

HOUAISS, A.; VILAR, M. S. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva. 2001.

HUTCHINSON, J.. The Genera of flowering plants. Oxford: Claredon Press, v.1, 1964. 516p.

INZUNZA, O. de las N. Y. Anatomia da madeira de nove espécies do gênero *Copaifera* L. (Leguminosae-Caesalpinioideae). 1992. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

JACQUIN, N. J. ENUMERATIO SYSTEMATICA PLANTARUM. [S. L.: S.N.], 1760. P.21.

JACQUIN, N. J. Selectarum Stirpium Americanarum Historia. Viennae: Ex officina Krausiana, 1763. 284p.

LÉONARD, J. Notulae Systematicae IV (Caesalpinaceae-Amherstieae africanae americanaeque), Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat Bruxelles, Bruxelles, v.19, n.4, p.383-407, 1949.

LÉONARD, J. Genera des Cynometreae et des Amherstieae africaines (Leguminosae-Caesalpinioideae): essai de blastogénie appliqué à la systématique.[S. l.: s. n.], 1957. 314 p. (Sciences, t. 30, f. 2).

LÉRY, J. de. Viagem à terra do Brasil. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica(Série Documentos Históricos, n.10).1576.67p.Disponível em:<<http://www.cprh.pe.gov.br/rbma/downloads/CadernosRB/n10.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2006.

LINNEU, C. Materia medica, Liber I. de Plantis. Holmie: Typ. Ac fumptibus Laurentii Salvii, 1749. p.181.

LINNEU, C. Species Plantarum. 2. ed. Holmiae: Laurentii Salvii, 1762. t.1, p.557.

LLOYD, J. U. *Copaifera officinalis*. Chicago: Western Druggist, 1898. 13p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989. p.137-140. (Publicação IPT, n.1791).

- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v.24, n.3, p.311-320, 2001.
- MARCGRAVI, G. *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* In: PISO, W. *Historia Naturalis Brasiliae*, Amsterdam: Dud Elzevirium, 1648. 6f, prel.,122p.,
- MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; PEREIRA, J.F.; LIMA, H. C. O Gênero *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v.59, n.3, p.455-476. 2008.
- MARTIUS, C. F. P. In: SPIX, J.B.; MARTIUS, K. F. P. *Reise in Brasilien*. Munchen: Lindauer, 1823. p.285.
- MORICAND, S. *Plants nouvelles D'Amérique*. Mémoire de la Societé de Physique et d' Histoire Natural, Genève, v.1, p.1-2, 1833.
- PAULA, J. E. de. Estudo das estruturas internas das madeiras de dezesseis espécies da flora brasileira, visando seu aproveitamento para produção de álcool, carvão, coque e papel. *Brasil Florestal*, v.11, n.47, p.27, 1981.
- PISO, W. *Historia Naturalis Brasiliae*. Amsterdam: Dud Elzevirium, 1648. 122p.
- PISO, W.. *De Indiae Utriusque re naturali et Medica Libri Quatuordecim ...* Amsterdam: Ludovicum et Danielem, 1658. Paginação irregular.
- QUIRK, J. T. Data for a computer-assisted wood identification system I; commercial legumes of tropical Asia and Australia. *IAWA*, v.4, n.2-3, p.118-130. 1983.
- RECORD, S. J. Note on the wood of *Pseudocopaiva*. *Tropical Woods*, v.20, p.1-4, 1929.
- RECORD, S. J. Rôle of wood anatomy in taxonomy. *Tropical Woods*, v.37, p.1-9, 1934.
- RECORD, S. J.; HESS, R. W. *Timbers of the new world*. New York: Arno Press, 1972. 250p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. *Madeiras do Brasil*. Florianópolis: Lunardelli, 1979. 249p.
- RIZZINI, C.T. Plantas novas ou pouco conhecidas do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, v.31, n.2, p.192, 1971.
- RIZZINI, C.T. Leguminosae novae brasilienses. *Rodriguésia*, v.29, n.43, p.149-150, 1977.
- SANTOS, E. *Nossas madeiras*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. p.150.
- SYMINGTON, C. F. *Pseudosindora palustris* (Leguminosae, Amherstieae), a new genus and species from Borneo. *Proceedings of the Linnean Society of London*, v.155, n.3, p.285-288, 1942.
- VOGEL, E. *Caesalpinieis Brasiliae*. *Linnaea*, v.11, p.410, 1837.

Capítulo 2



10.37423/230207204

MORFOLPÓLEN DE COPAIFERA L. (FABACEAE DETARIOIDEAE)

Flávia Cristina Araújo Lucas

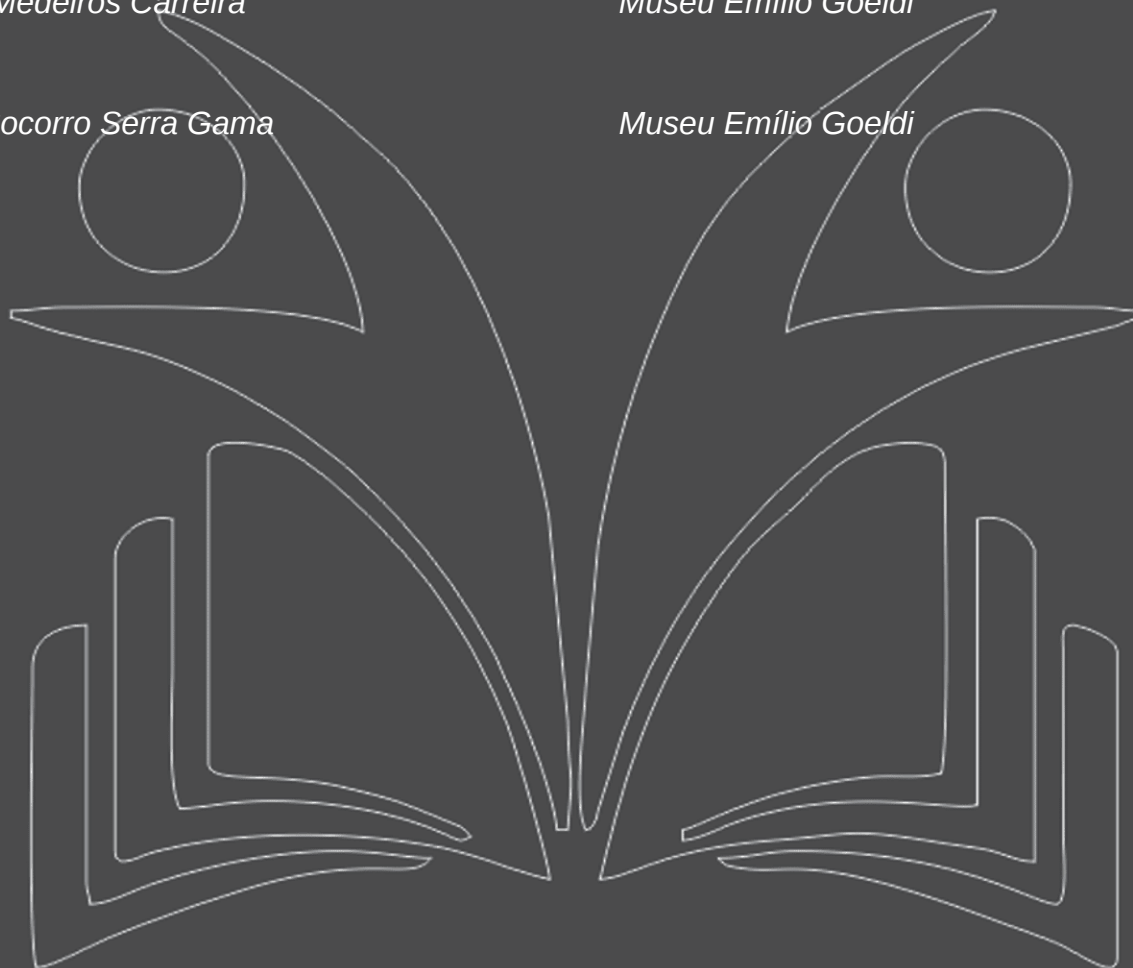
Universidade do Estado do Pará

Léa Maria Medeiros Carreira

Museu Emílio Goeldi

Thalia do Socorro Serra Gama

Museu Emílio Goeldi



INTRODUÇÃO

Copaifera L. família Fabaceae Lindl. subfamília Detarioideae, foi descrito por Linneu em 1762 e segundo Dwyer (1951) é representado por aproximadamente 28 espécies, sendo 16 endêmicas do Brasil. As espécies da Amazônia brasileira ocorrem freqüentemente nas matas de terra firme, em terrenos argilosos, às vezes arenosos. Algumas espécies também podem ser encontradas nas margens de lagos e igarapés, nos Cerrados do Brasil Central, na Caatinga e na Mata Atlântica (DUCKE, 1925; CORRÊA, 1931, DWYER, 1951).

Conhecida popularmente como “copaíba”, “copaíba angelim”, “copaíba branca”, “copaíva branca”, “copaúba”, “pau-de-óleo”, dentre outras denominações, geralmente é árvore de grande porte, encontrada em todos os trópicos e com maior incidência no Brasil. A maioria das espécies deste gênero é considerada de expressiva importância na indústria econômica. Por meio de incisões nos troncos das árvores extrai-se um tipo de oleorresina, que por apresentar propriedades cicatrizantes e antiinflamatórias, é muito utilizado na medicina popular (DUCKE, 1925; CORRÊA, 1931; SHANLEY *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 1977, 2004).

Taxonomicamente, a maior parte das espécies desse gênero necessita ser alvo de estudos aprofundados, já que apenas por meio de sua morfologia externa nem todas são separáveis distintamente. Ducke (1949) citou que para América e África Tropical estão descritas cerca de 40 espécies, e quanto à identificação das brasileiras, estas, encontram-se ainda bastante incompletas. Ducke (1958) ressaltou que a revisão feita por Dwyer (1951) considerada a mais recente publicação que trata do gênero de forma mais ampla, não incluiu as coleções dos herbários existentes na América do Sul, algumas das quais, ricas em representantes deste gênero. Lewis (1987) comentou a ocorrência de certas espécies no Estado da Bahia, ressaltando também a necessidade de um estudo mais preciso. Dos trabalhos mais atuais, Martins-da-Silva (2006) faz um tratamento taxonômico completo sobre as espécies de *Copaifera* para a Amazônia brasileira. A referida autora verificou que desde a descrição da primeira espécie por Jacquin (1760) até a mais recente publicada por Poveda *et al.* (1989), passaram-se 15 229 anos, e nesse período, foram descritas cerca de 100 espécies e, dentre essas, várias foram sinonimizadas, e outras transferidas para gêneros diferentes, resultando em aproximadamente 40 espécies, sendo 35 americanos e cinco africanos. Desse total, nove espécies estão distribuídas na Amazônia brasileira, *C. duckei* Dwyer, *C. glycyarpa* Ducke, *C. guyanensis* Desf., *C. martii* Hayne, *C. multijuga* Hayne, *C. paupera* (Herzog) Dwyer, *C. piresii* Ducke, *C. pubiflora* Benth. e *C. reticulata* Ducke (MARTINS-DA-SILVA, 2006).

É indiscutível a importância econômica de *Copaifera* tanto a nível comercial quanto industrial, tanto em tempos históricos quanto na contemporaneidade. Por sua ampla utilização, vários trabalhos já foram realizados sobre o gênero abordando suas diversas aplicações. Apesar dos mais de 200 artigos publicados em diversas línguas, muitos dados sobre a composição química, atividade farmacológica do óleo, etnobotânica e identificação botânica são insuficientes e muitas vezes contraditórios (VEIGA JR. e PINTO, 2002). Nesse sentido, o estudo da morfologia polínica do gênero representa um grande desafio, uma vez que são inúmeras as dificuldades de identificação e delimitação das espécies que ocorrem na Amazônia brasileira. A morfologia polínica do gênero foi analisada por alguns autores, e dentre estes, vale destacar Fasbender (1959), que até o momento é considerado o mais antigo e o mais completo. Em seu estudo, a referida autora fez a descrição geral dos grãos de pólen de *Copaifera*, e investigou oito espécies: *C. chodatiana* Hassl., *C. mildbraedii* Harms, *C. multijuga*, *C. officinalis*, *C. panamensis* (Britton) Standl., *C. pubiflora*, *C. salikounda* Heckel e *C. venezuelana* Harms & Pittier. Barth e Bouzada (1964) estudaram e ilustraram os grãos de pólen de seis gêneros de Caesalpinioideae, incluindo neste *Copaifera trapezifolia* Hayne. Apesar das referidas autoras examinarem apenas um espécime, o caracterizaram com âmbito acentuadamente triangular, de superfície completamente lisa.

Graham e Barker (1981) teceram comentários gerais a respeito das afinidades polínicas e taxonômicas de diversos gêneros da subfamília Caesalpinioideae, incluindo *Copaifera* L., e concentraram seus estudos na ornamentação da exina, com base nas observações da microscopia eletrônica de varredura. Ferguson (1987) usando como ferramenta principal a microscopia eletrônica de transmissão, descreveu em detalhes a estratificação da exina.

Melhem e Salgado-Labouriau (1963) analisaram apenas um espécime de *Copaifera langsdorfii*. Erdtman (1969) ressaltou que em certos gêneros, como *Copaifera* L., *Schotia* Jacq. e *Sindora* Miq., os quais apresentam grãos de pólen muito semelhantes, os estudos palinotaxonômicos têm fornecido resultados surpreendentes, quando estes revelam que os caracteres analisados podem não ser tão homogêneos quantos parecem. Salgado-Labouriau (1973) fez um estudo abrangente sobre o pólen das plantas do Cerrado, incluindo neste *Copaifera langsdorfii* Desf., que após ser descrita em detalhes, foi incluída no Tipo Polínico *Copaifera langsdorfii* Desf. Enrech *et al.* (1983) examinou em microscopia de varredura o pólen de 15 espécies, e os considerou típico de um grupo de gêneros da tribo Detarieae, como *Hymenaea* L., *Daniellia* Benth. e *Tessmannia* Harms. Carreira *et al.* (1996a) ao elaborar um catálogo sobre a morfologia polínica das leguminosas da Amazônia brasileira, descreveram o pólen de *Copaifera langsdorfii*. Banks e Klitgaard (2000) classificaram alguns gêneros da tribo Detarieae

utilizando a ornamentação da superfície do pólen, constando nesta o gênero *Copaifera*. Banks e Gasson (2003) utilizando as microscopias de luz e eletrônicas descreveram e ilustraram a abertura dos grãos de pólen de 16 gêneros de Detarieae s.s., incluindo *Copaifera*, e discutiu a correlação entre a função das aberturas e a filogenia.

Embora o pólen do gênero tenha sido pouco estudado é unânime os autores o considerarem como estenopolínico, ou seja, com alto grau de homogeneidade. Essas conclusões devem-se ao fato de que muitos autores não utilizaram recursos mais especializados, levando-os a descrições resumidas que não revelaram as características ultramicroscópicas dos grãos de pólen. Estudos palinológicos com microscopias eletrônicas são de valor incontestável na classificação e identificação das espécies. Melhem (1978) comentou que a importância taxonômica e evolutiva da morfologia polínica pode ser analisada em microscopia eletrônica em níveis específicos, genéricos e superiores a essas categorias e, portanto, de alto valor taxonômico e evolutivo.

Diante da complexidade em determinar as espécies de tão importante gênero, não apenas no contexto econômico, mas também biocultural e como até o momento, não há estudos completos sobre o pólen de *Copaifera*, esse trabalho foi idealizado. E tem como objetivo analisar a morfologia polínica das espécies deste gênero na Amazônia brasileira e contribuir para a sua taxonomia. Dessa forma, com base nas descrições minuciosas dos grãos de pólen, faz-se a caracterização da ornamentação da exina em microscopia eletrônica de varredura, exames de corte ótico e de superfície na microscopia de luz; demonstram-se as medidas dos grãos de pólen por meio de diagramas comparativos, e elabora-se uma chave de Subtipos Polínicos para o reconhecimento das espécies. Também, a partir dos dados morfológicos infere-se a respeito da evolução dos caracteres polínicos entre os Subtipos estabelecidos e suas respectivas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL BOTÂNICO

O gênero *Copaifera* está representado por nove espécies na Amazônia brasileira (Martins-da-Silva, 2006): *C. duckei* Dwyer, *C. glycyarpa* Ducke, *C. guyanensis* Desf., *C. martii* Hayne, *C. multijuga* Hayne, *C. paupera* Benth., *C. piresii* Ducke, *C. pubiflora* (Herzog) Dwyer e *C. reticulata* Ducke. Destas, o presente trabalho analisou o pólen de sete: *C. guyanensis* Desf., *C. martii* Hayne, *C. multijuga* Hayne, *C. paupera* Benth., *C. piresii* Ducke, *C. pubiflora* (Herzog) Dwyer e *C. reticulata* Ducke. *C. duckei* e *C.*

glycyarpa não constam nessa pesquisa devido à escassez de botões florais adultos, dos quais a maior parte encontrava-se imaturo.

Do total de espécies, foram testadas, sem sucesso, as seguintes amostras: *C. glycyarpa* – Ducke, A., 17/12/1927 (*syntypus* RB 2018/); *C. duckei* - Oliveira, E. de, 334; 12/01/1960 (IAN 105082); Marinho, L. R. e Ribeiro, B. G. S., 697, 8/03/1982 (IAN 162745); Ducke, A., 10/11/1922 (*typus* RB 16.875); Pires, J. M. e Silva, N. T. da, 4453, 23/01/1953 (IAN 77 656). Outras cinco espécies, com ocorrência Amazônia extra-brasileira também tiveram seus grãos de pólen aqui investigados por serem consideradas, segundo a literatura, taxonomicamente afins. São elas: *C. cearensis* var. *arenicola* Huber ex Ducke, *C. langsdorfii* Desf., *C. oblongifolia* Mart. e *C. officinalis* L. e *C. rigida* Benth..

Por se tratar de um trabalho palinotaxonômico padronizou-se coletar no mínimo três espécimes para cada espécie, com exceção válida apenas para material *typus*. Em virtude da grande quantidade de botões florais imaturos nas exsicatas consultadas, de algumas espécies não foi possível coletar o número mínimo de amostras pré-estabelecido. Todo material utilizado encontra-se nas Tabelas referentes a cada espécie (vide Resultados – Tabelas 1, 2, 3 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Os herbários consultados foram citados de acordo com Holmgren, *et al.* (1990).

PREPARAÇÃO DAS LÂMINAS DE PÓLEN

Para a preparação das lâminas de pólen, o material botânico coletado foi processado conforme método de acetólise de ERDTMAN (1952). Em virtude das características inerentes a cada espécie, sobretudo a fragilidade das camadas externas dos grãos de pólen de *Copaifera*, algumas etapas da metodologia foram modificadas. Portanto, a temperatura, a qual mostrou ser um fator altamente relevante quanto à integridade celular, e por esse motivo, o banho-maria não ultrapassou 70°C; na ocasião da montagem das lâminas foi utilizada uma placa aquecedora a fim de evitar contato direto com o fogo, e consequentemente o colapso dos grãos de pólen.

A montagem foi feita com gelatina glicerizada (KISSER, 1935). Para tornar as lâminas definitivas e isentas de contaminação, estas foram lutadas com parafina (MÜLLER, 1947). As mensurações foram obtidas no prazo máximo de sete dias após a preparação das lâminas. Em vista equatorial (VE), as medidas dos eixos, polar (P) e equatorial (E) foram obtidas em 25 grãos de pólen escolhidos ao acaso. Tais medidas foram tomadas de cinco lâminas contendo o material polínico, medindo-se o máximo de sete grãos de pólen por lâmina, alcançando o padrão de 25 medidas por espécime (Figura 1). Das medidas, foram calculados a média (X), variância (S²), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV). Em vista polar (VP) foram caracterizadas as aberturas e região do apolcolpo.

Sexina e nexina foram medidas, em 10 grãos de pólen usando-se a objetiva de 100x, e com os valores, calculada somente a média aritmética. Para a apresentação das dimensões de todos os espécimes de cada espécie, foi utilizada a representação gráfica baseada em Melhem (1971), e para a obtenção do intervalo de confiança aplicou-se a seguinte fórmula: $(X - Sx < \mu < X + Sx) = \gamma$, sendo X, a média aritmética, Sx o desvio padrão da média, e γ o grau de confiança.

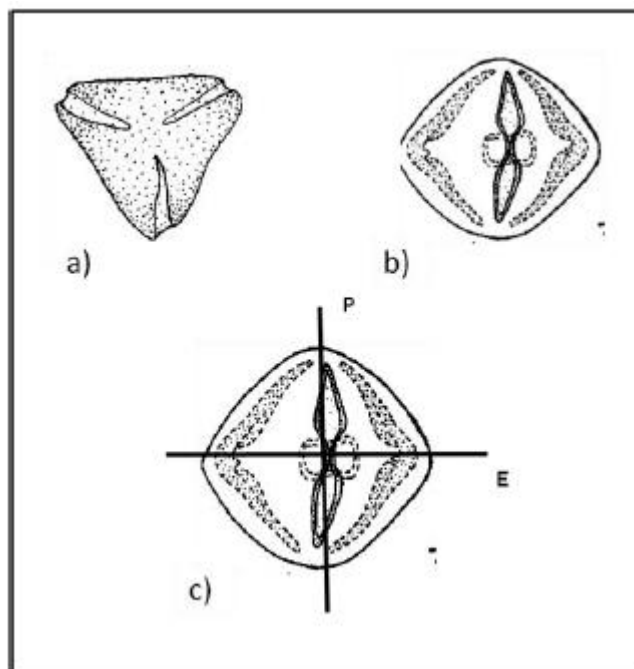


Figura 1 - Esquema do grão de pólen de Copaifera. a) VP; b) VE; c) VE, mostrando os eixos polares (P) e equatorial (E), onde foram realizadas as medidas.

DESCRIÇÕES POLÍNICAS

As espécies foram descritas com base nos caracteres gerais e, posteriormente, analisadas em seus pormenores. As descrições polínicas e preparação da chave basearam-se nos trabalhos de Erdtman (1969), Walker & Doyle (1975), Barth & Melhem (1988), Praglowsky & Punt (1973) e Punt *et al.* (1998).

Para o estudo detalhado da superfície do grão de pólen em microscopia de luz utilizaram-se 2 tipos de exame: o exame de superfície e o exame em corte ótico. O corte ótico foi empregado para avaliar a estratificação da exina. Este exame, só é possível em grãos de pólen acetolisados, os quais tornam-se transparentes, e desprovidos de conteúdo celular, facilitando a interpretação da escultura da exina em diferentes zonas do pólen, como margem dos colpos, pólos, mesocolpos e contorno da base dos colpos.

A forma do grão de pólen aqui estabelecida foi baseada na relação entre os eixos polar e equatorial (P/E), classificada por Erdtman (1952). A partir dessa relação numérica Erdtman (*l.c.*) postulou-se um índice para a forma do pólen com oito classes, que seguem um intervalo padrão de comprimento. Para o estudo das aberturas, adotou-se a classificação proposta por Erdtman (1952), que denomina poro, todas aberturas mais ou menos circulares, em que a relação entre os dois diâmetros da abertura é menor que 2:1, e, colpo, para todas as aberturas alongadas, cuja relação é maior que 2:1. Quanto à caracterização dos colpos, a projeção destes em direção à área do apocolpo pode resultar nos tipos: longicolpado, parassincolpado e sincolpado. Esta classificação foi baseada no trabalho de Barth e Barbosa (1972), e o esquema dos diferentes tipos de aberturas observado nos grãos de pólen de *Copaifera* encontra-se na Figura 2.

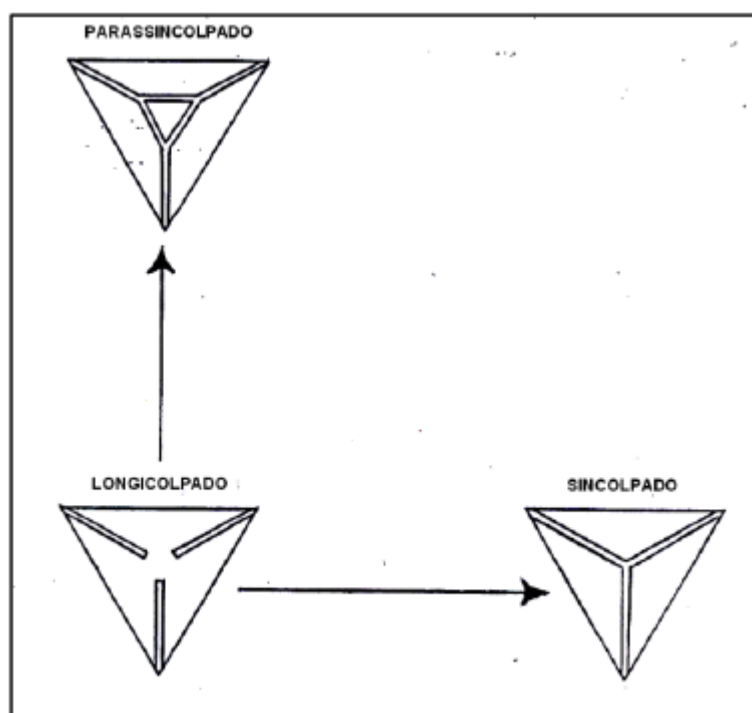


Figura 2 - Esquema dos diferentes tipos de abertura encontrados nos grãos de pólen de *Copiaifera*.

Devido ao elevado grau de homogeneidade morfológica exibida das espécies estudadas, achou-se conveniente estabelecer um único Tipo Polínico que representasse os caracteres do gênero. Assim, classificou-se o Tipo Polínico *Copiaifera*. Com a finalidade de categorizar as espécies que fazem parte do Tipo Polínico, este foi subdividido em Subtipos, tomando-se como base as diferenças morfológicas verificadas na ornamentação da exina. A indicação dos Subtipos baseou-se: 1) O aspecto morfológico escolhido para separar os Subtipos deve ser o mais constante possível, a fim de evitar condições de multiestado para o mesmo caráter; 2) Cada Subtipo deve constar a espécie representativa; 3) Os

Subtipos são caracterizados por uma morfologia polínica particular. É importante mencionar que o exame detalhado da exina só foi possível sob MEV. A ML mostrou-se inviável pelo fato de os grãos de pólen apresentarem-se muito semelhantes entre si.

Abreviaturas usadas nas descrições: *amb* – âmbito, A-apocolpo, Ale – aletas, B – báculo, C – colpo, E – eixo equatorial, End – endoabertura, IC - intervalo de confiança, *l.c.* - aqui citado, Long – longicolpos, M – mesocolpo, MEV - microscópio eletrônica de varredura, Nex – nexina, P - eixo polar, P/E - relação entre os eixos polar e equatorial, Pex - ponte de exina, Psi – psilada, Sex – sexina, s.d. - sem data, s.n. - sem número, VE - vista equatorial, VP - vista polar.

OBTENÇÃO DAS ELETROMICROGRAFIAS

Em investigações prévias acerca da ornamentação da exina do pólen de *Copaifera*, detectou-se significativa fragilidade da estrutura celular aos diversos tratamentos químicos empregados. Com a finalidade de preservar a fina estrutura da exina, inicialmente procedeu-se na MEV com técnicas de pré-fixação (glutaraldeído a 6,5% em tampão fosfato) e pós-fixação (ácido ósmico a 2% em tampão fosfato). Essa preparação foi eficaz para algumas espécies, sendo necessário empregar outra metodologia para os grãos que deformavam muito rapidamente. Em face disso, grãos de pólen não acetolisados foram depositados diretamente sobre suportes cilíndricos metálicos, denominados “stubs”, e recobertos por fitas de carbono. Após essa etapa, os “stubs” foram cobertos por uma camada de 3,5 nanômetros de ouro, por cerca de três minutos, a fim de tornarem-se materiais eletricamente condutivos, e eletromicrografados no microscópio LEO 1450 VP, no Laboratório de Microscopia Eletrônica, da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-Pará. Para cada espécie procurou-se evidenciar os principais caracteres morfológicos, como número, posição e tipo de aberturas, assim como a ornamentação da camada mais externa do grão de pólen.

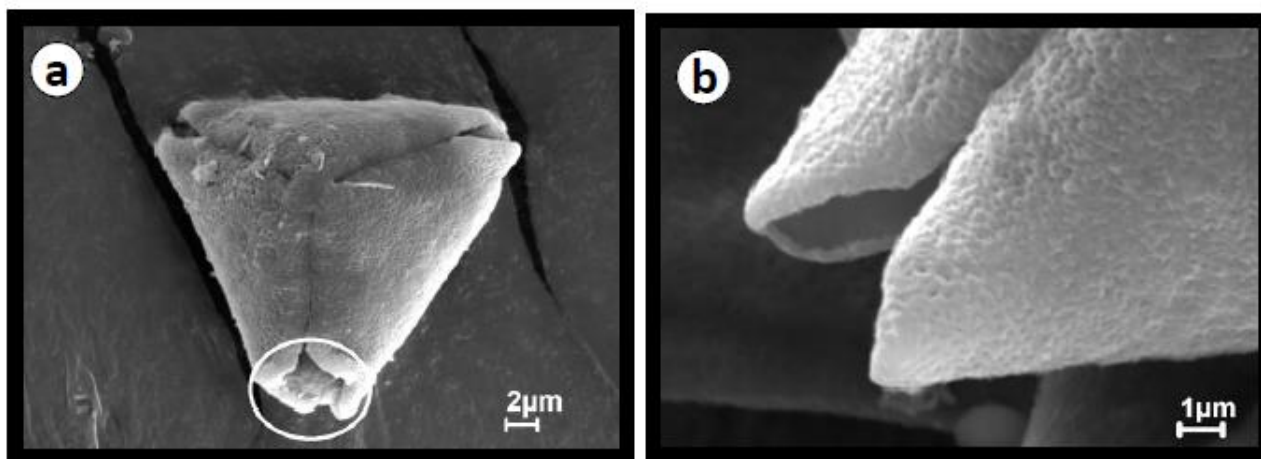
RESULTADOS

CARACTERES GERAIS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *COPAIFERA* L.

Médios, isopolares, de simetria radial, 3-colporados, nos quais as aberturas são caracterizadas como colpos que apresentam internamente um poro, também denominado endoabertura. Variam a superfície, de psilada a perfurada, e a forma, de suboblata a prolato-esferoidal. Os colpos em VP projetam-se de três formas: a) longicolpados, com colpos alongados; c) parassincolpados, preservando

pequena área do apocolpo; e b) sincolpados, apresentando completa anastomose na região do apocolpo. Segundo a classificação de Barth e Barbosa (1972) os parassincolpados podem ser regularmente ou irregularmente parassincolpados, de acordo com a fragmentação da ornamentação da exina na região do apocolpo. Em *Copaifera*, os grãos de pólen são regularmente parassincolpados. Algumas espécies apresentam as duas, ou até mesmo, as três formas de colpos na mesma amostra. O contorno da base dos colpos vai de regular a dilatado (Figura 3). Os mesocolpos podem ser côncavos ou retilíneos, e na maioria das vezes, em vista equatorial, expandem-se formando estruturas semelhantes a alas, denominadas aletas. A endoabertura é circular, porém na maioria das espécies está encoberta pela sexina. Quanto à ornamentação da exina, as perfurações na superfície podem ser esparsas ou aglomeradas.

A exina é fina e transparente. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura. As variações acontecem próximas à região das aberturas, onde tendem a diminuir, até a ausência total. Ao MEV, os grãos de pólen em vista equatorial apresentam um tipo de estrutura que emerge da região central da abertura, assemelhando-se a protuberâncias, denominadas pontes de exina.



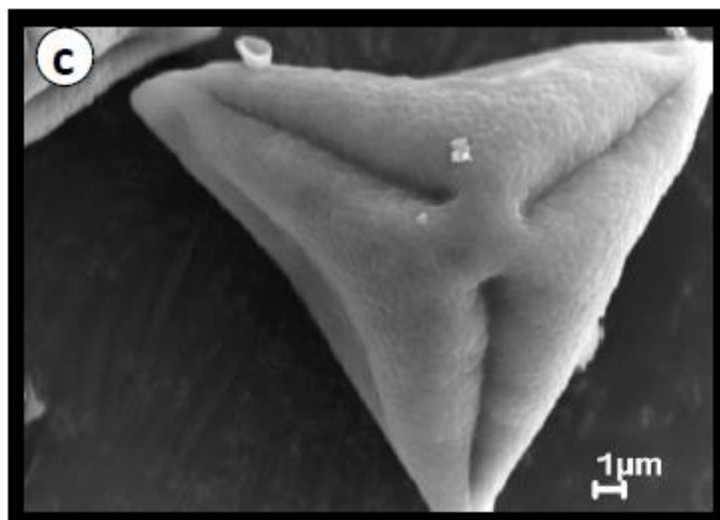


Figura 3 – Contorno da base dos colpos no pólen de *Copaifera* em MEV. a) Aspecto do contorno dilatado; b) Detalhe da dilatação; c) Vista geral do contorno regular.

CARACTERES ESPECÍFICOS DOS SUBTIPOS POLÍNICOS ESTABELECIDOS

Em virtude dos grãos de pólen de *Copaifera* apresentarem-se muito semelhantes entre si nos mais variados aspectos morfológicos, como o tamanho, forma, número, posição e caráter das aberturas, pertencem a um único Tipo Polínico, o Tipo Polínico *Copaifera*. Assim, as 12 espécies analisadas neste trabalho foram divididas em quatro Subtipos polínicos, para os quais foi indicada uma espécie representante. Na escolha dessas espécies foi selecionada aquela que apresentava os grãos de pólen com uma forma mais definida, de maneira que fosse permitido usá-la como padrão para a descrição dos grãos de pólen das demais espécies constituintes de cada Subtipo.

Para a classificação dos Subtipos, tomou-se como base a **ornamentação da exina**, a qual acha-se constituída pelos seguintes tipos de superfície: psilado-perfurada, psilado-verrucosa, levemente perfurada e densamente perfurada. Os quatro Subtipos Polínicos estão representados pelas seguintes espécies: *Copaifera officinalis*, *C. guyanensis*, *C. paupera* e *C. multijuga*.

DESCRIÇÃO DOS SUBTIPOS POLÍNICOS ESTABELECIDOS

SUBTIPO POLÍNICO *OFFICINALIS*

a) Microscopia de luz: Caracteriza-se por apresentar forma oblato-esferoidal, *amb* variando de subtriangular a triangular. O contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, sendo que a sexina é constante e a nexina tende a se estreitar à medida que se aproxima

dos colpos. A endoabertura é circular, estando algumas vezes encoberta pela sexina. Em microscopia de luz, a superfície apresenta-se psilada. É representado unicamente pela espécie *Copaifera officinalis*.

b) Microscopia eletrônica de varredura (Figura 5): Ao microscópio eletrônico de varredura, o pólen de *C. officinalis* apresenta superfície psilado-perfurada, na qual, são observadas perfurações esparsas. Foi verificado também que os grãos de pólen são longicolpados e parassincolpados.

c) Espécie *Copaifera officinalis* (Tabela 1; Figuras 4 e 5)

Tabela 1 – Relação dos espécimes de *C. officinalis*, com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC .

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	25,5 $\pm$ 0,4(23,5-27,0)	23,0 $\pm$ 0,4(21,0-25,0)	0,90	24,7 – 26,3	1,9	1,9
2	23,8 $\pm$ 0,3(23,0-27,0)	25,0 $\pm$ 0,4(23,5-26,0)	0,96	23,4 – 26,6	1,9	1,8
3	28,0 $\pm$ 0,4(25,0-30,0)	27,0 $\pm$ 0,4(25,0-30,0)	0,96	27,2 – 28,8	1,9	1,9
4	28,0 $\pm$ 0,4(25,0-32,5)	26,0 $\pm$ 0,2(22,5-27,5)	0,93	27,2 – 28,8	1,9	1,8

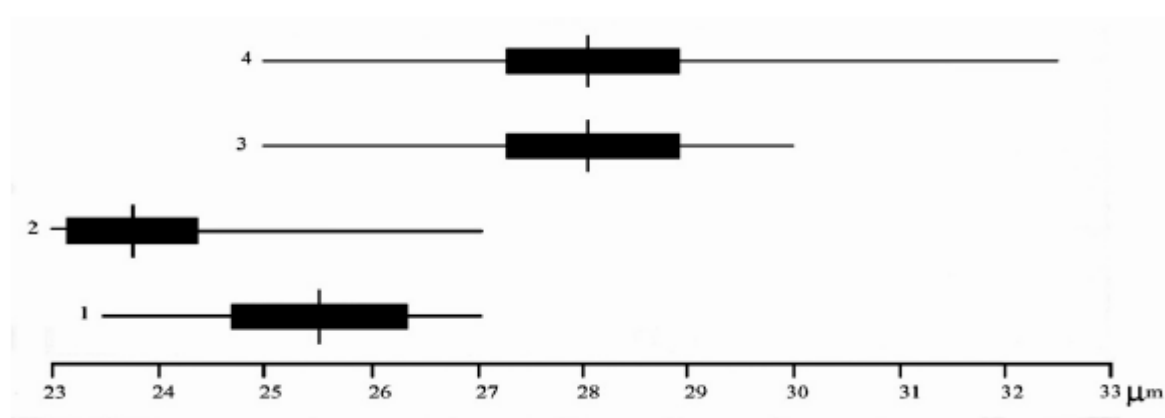


Figura 4 - Diagrama comparativo das medidas do E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. officinalis*

d) Observações: a superfície psilado-perfurada define o Subtipo Polínico *officinalis*. Trata-se de um padrão de ornamentação da exina psilada na região do apocolpo e perfurada na região dos colpos e mesocolpos. Dentre os espécimes que constituem o Subtipo Polínico *officinalis* foi verificado que há

mais similaridades quanto à morfologia polínica entre as amostras (Martinho e Ferreira, 020 - INPA191211; Martinho e Ferreira, 021 - INPA 191212 e Martinho e Ferreira, s/n - INPA 191213), do que com a amostra (Xena, N., 13 VEN - 227569). Tais mudanças refletem-se principalmente na forma das aberturas e aspecto dos mesocolpos, nas quais VEN 227569 exhibe apenas pólen do tipo longicolpado com mesocolpo côncavo, enquanto as demais apresentam-se longicolpado e parassincolpados, com mesocolpo côncavo ou retilíneo. A ornamentação da exina manteve-se constante. Analisando o diagrama comparativo foi verificado que há superposição entre os espécimes 1 e 2, e entre 3 e 4.

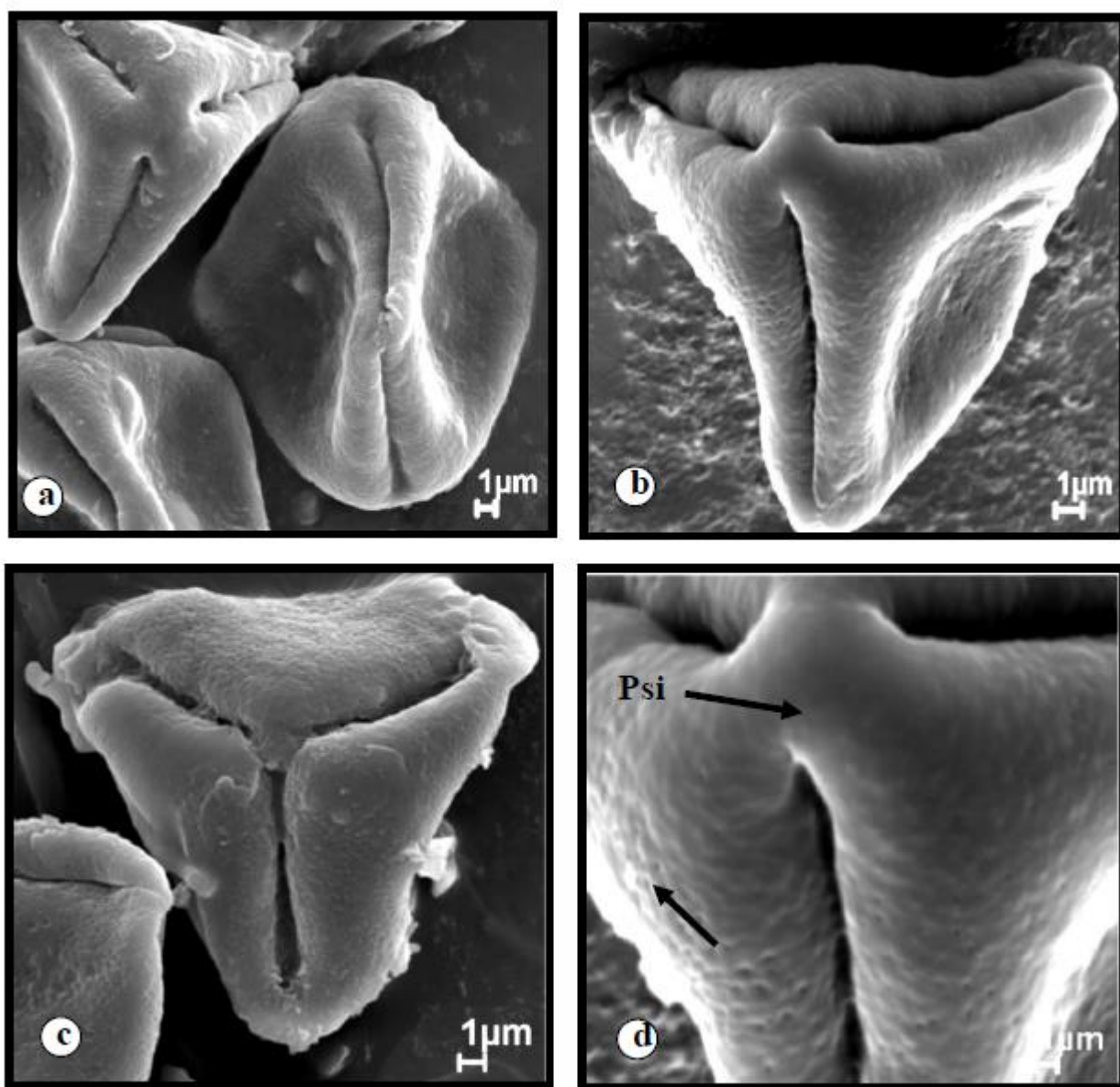


Figura 5 - Pólen de *C. officinalis*. MEV: a) Vista geral dos grãos de pólen em VP e VE; b) VP, pólen longicolpado; c) Idem, pólen parassincolpado; d) Destaque da ornamentação da exina perfurada, dos longicolpos e apocolpos. INPA 191212.

SUBTIPO POLÍNICO *GUYANENSIS*

a) Microscopia de luz: Caracteriza-se por exibir a forma suboblata, *amb* triangular. O contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são côncavos. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, sendo que ambas tendem a reduzir à proporção que se aproximam dos colpos. A superfície é psilada, e este subtipo é representado unicamente pela espécie *Copaifera guyanensis*.

b) Microscopia Eletrônica de Varredura: Ao microscópio eletrônico de varredura, os grãos de pólen de *C.guyanensis* são longicolpados de superfície psilado-verrucosa.

c) Espécie *Copaifera guyanensis* (Tabela 2; Figuras 6 e 7)

Tabela 2 – Relação dos espécimes de *C. guyanensis* com as medidas em μm dos respectivos grãos de pólen, incluindo P/E e IC .

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	30,0 $\pm$ 0,4(27,5-35,0)	26,5 $\pm$ 0,3(22,5-32,5)	0,88	29,2 – 30,8	1,8	1,5
2	31,0 $\pm$ 0,4(27,5-35,0)	26,0 $\pm$ 0,2(22,5-30,0)	0,84	30,2 – 31,8	1,8	1,8
3	38,0 $\pm$ 0,4(32,5-42,5)	29,0 $\pm$ 0,2(25,0-32,5)	0,76	37,2 – 38,8	2,0	1,8

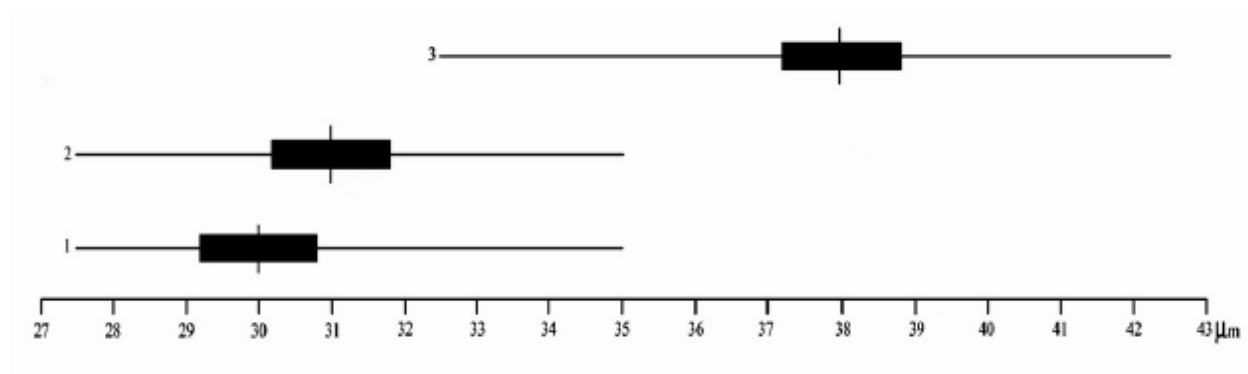


Figura 6 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. guyanensis*

d) Observações: o subtipo Polínico *guyanensis* apresenta os grãos de pólen com a superfície psilado-verrucosa. As verrugas estão concentradas muito próximas umas das outras. Foi verificado que entre os espécimes estudados, todos os caracteres analisados mantiveram-se constantes. No diagrama

comparativo, foi observado que os espécimes 1 e 2 se superpõem, enquanto o 3 mostra-se nitidamente distinto.

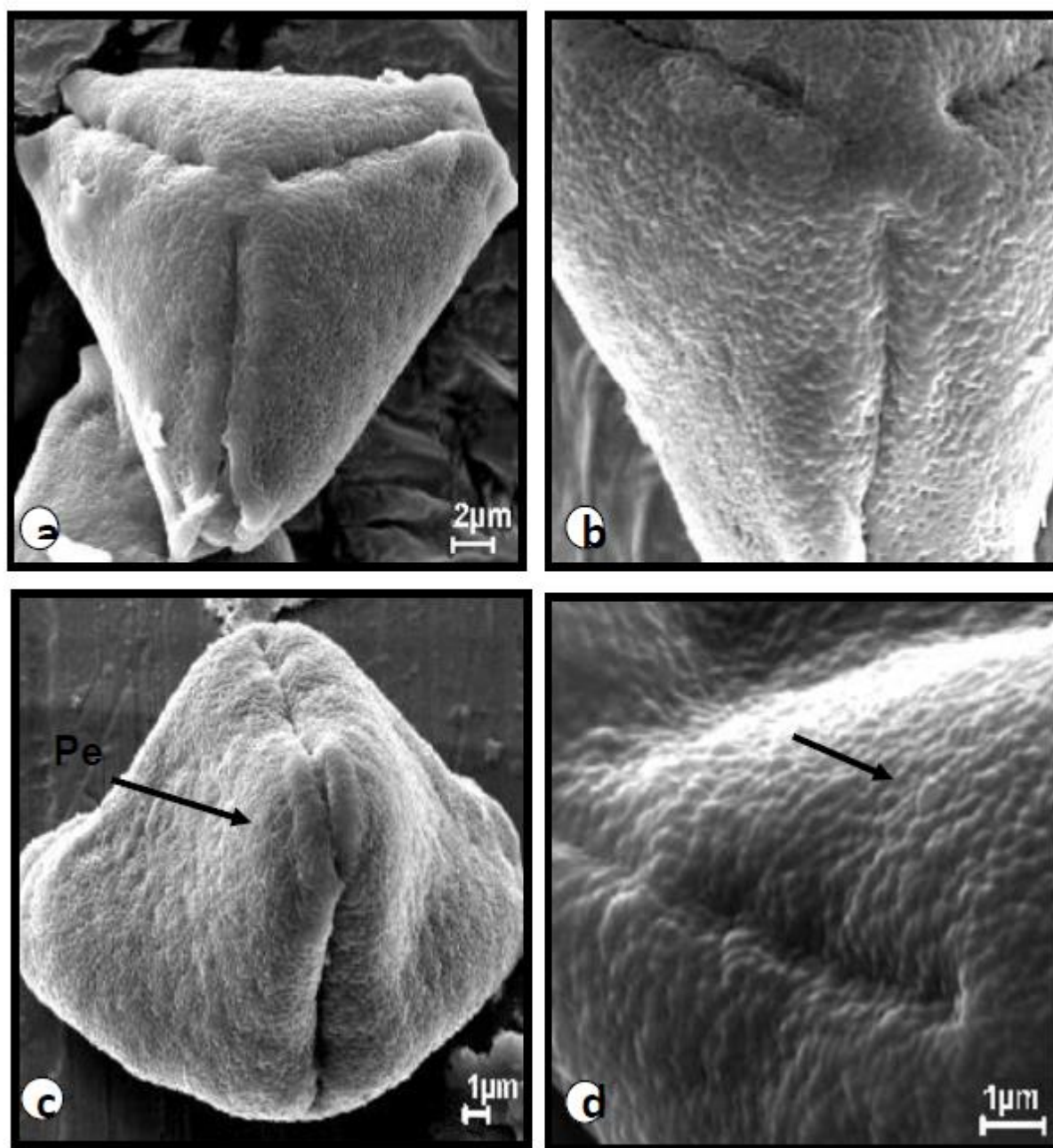


Figura 7 - Pólen de *C. guyanensis*. MEV: a) VP, pólen longicolpado; b) Idem, aspectos dos longicolpos; c) VE, aspecto da ponte de exina (Pex) na região da abertura; d) VP, indicando a superfície verrucosa. F1281643.

SUBTIPO POLÍNICO *PAUPERA*

a) Microscopia de luz: Caracteriza-se por apresentar superfície psilada. Compreende as espécies *C. cearensis* var. *arenicola*, *C. langsdorfii*, *C. piresii*, *C. pubiflora* e *C. reticulata*, das quais *C. paupera* é a

espécie representante. São prolatos e prolato-esferoidais, com *amb* triangular, longicolpados, parassincolpados e sincolpados. O contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm quase a mesma espessura ao nível dos mesocolpos. A sexina estreita-se próximo aos colpos.

b) Microscopia Eletrônica de Varredura (Figura 6): Ao microscópio eletrônico de varredura, o pólen de *C. paupera* exibe superfície levemente perfurada, cujas perfurações distribuem-se de forma irregular.

c) Espécies *Copaifera cearensis* var. *arenicola* (Tabela 3; Figuras 8 e 9)

Tabela 3 – Relação dos espécimes de *C. cearensis* var. *arenicola* com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo o P/E e IC .

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	I.C.	Sex (μm)	Nex (μm)
1	29,0 $\pm$ 0,4(27,0-30,0)	32,0,0 $\pm$ 0,4(30,0-34,0)	1,10	28,2 – 29,8	1,9	1,7
2	30,0 $\pm$ 0,3(29,0-31,0)	47,0 $\pm$ 0,5(40,0-52,5)	1,56	29,4 – 30,6	1,9	1,8

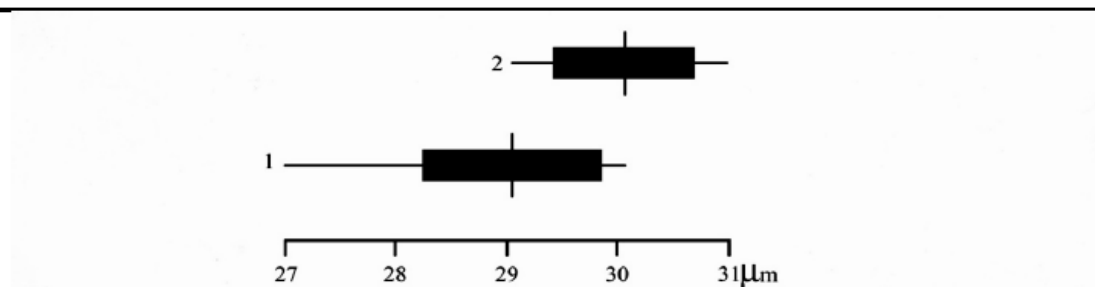


Figura 8 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. cearensis* var. *arenicola*.

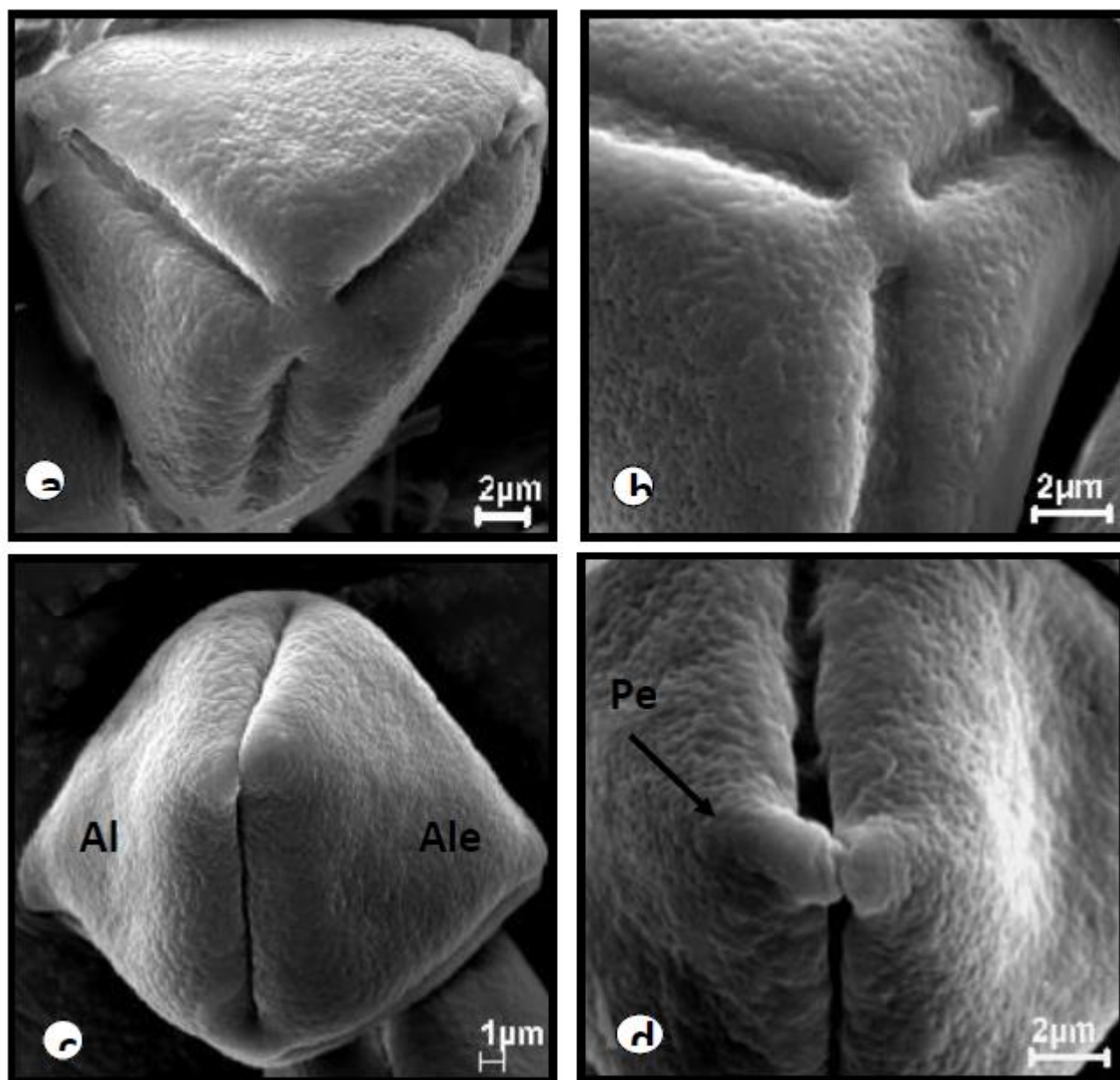


Figura 9 - Pólen de *C. cearensis* var. *arenicola*. MEV: a) VP, pólen longicolpado; b) Idem, aspecto dos longicolpos e ornamentação da exina; c) VE, detalhe das aletas (Ale); d) Detalhes do colpo, da ponte de exina (Pex) e da superfície punctada. IAN 106064.

2) *COPAIFERA LANGSDORFII* (TABELA 4; FIGURAS 10 E 11)

São oblato-esferoidais, com *amb* variando de subtriangular a triangular, longicolpados e parassincolpados. O contorno da base dos colpos é regular. Os mesocolpos podem ser retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm quase a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, sendo que ambas reduzem próximo aos colpos.

Tabela 4 – Relação dos espécimes de *C. langsdorfii*, com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	I.C.	Sex (μm)	Nex (μm)
1	$31,0 \pm 0,5 (25,0-37,5)$	$30,0 \pm 0,5 (25,0-35,0)$	0,97	30,0 – 32,0	2,0	1,8
2	$30,0 \pm 0,6 (27,5-35,0)$	$28,5 \pm 0,7 (25,0-30,0)$	0,95	28,8 – 31,2	2,0	1,8
3	$38,0 \pm 0,5 (32,5-42,5)$	$34,0 \pm 0,4 (30,0-37,5)$	0,89	37,0 – 39,0	2,0	2,0

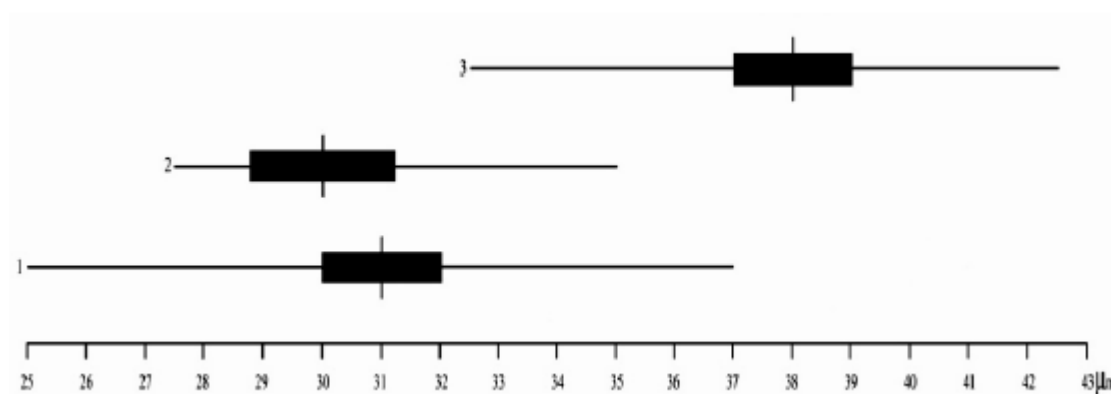


Figura 10 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. langsdorfii*.

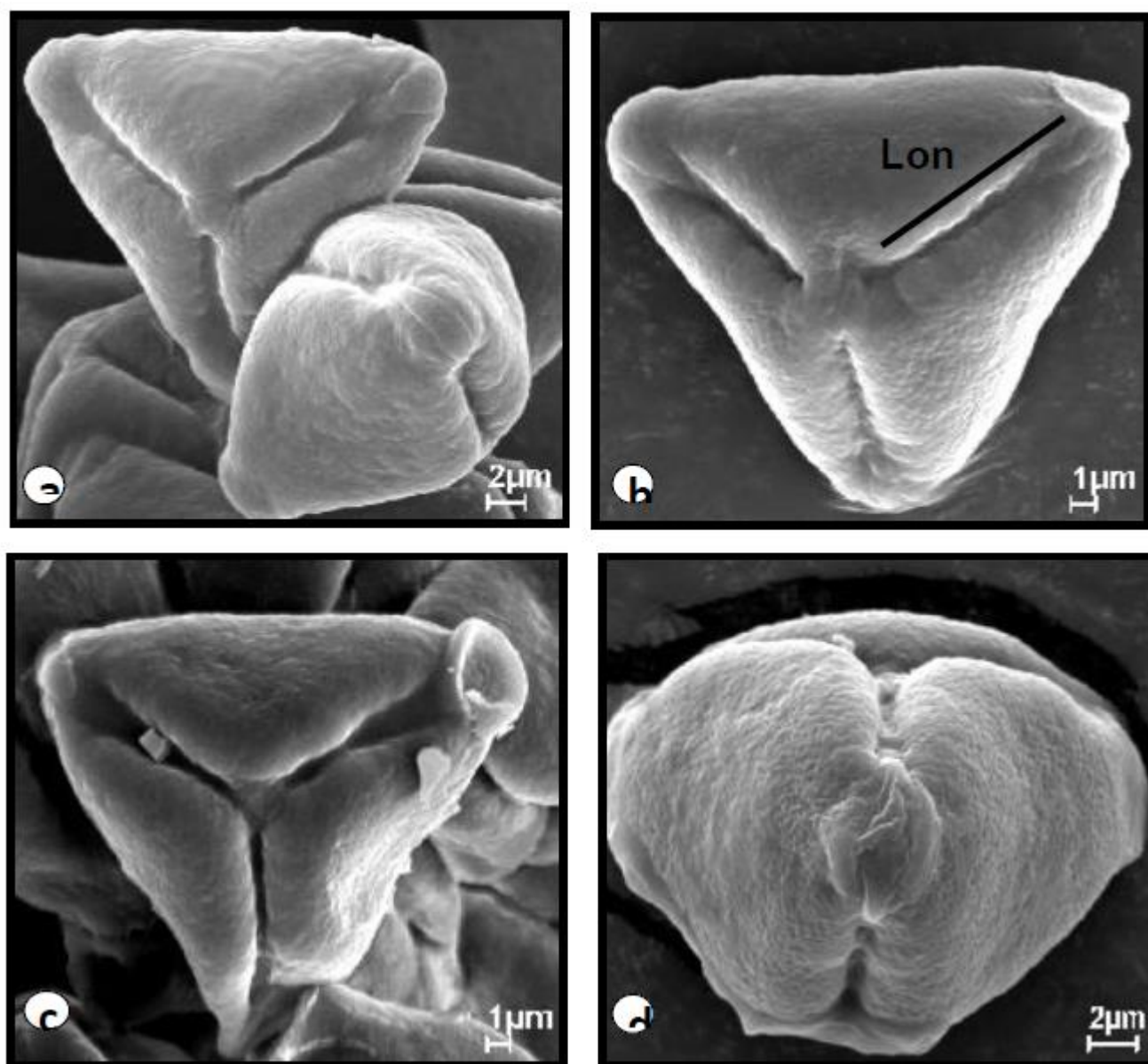


Figura 11 - Pólen de *Copaifera langsdorfii*. MEV: a) Vista geral dos grãos de pólen em VP e VE; b) VP, pólen longicolpado (Long); c) Idem, pólen parassincolpado; d) VE, aspecto da ornamentação da exina punctada. IAN R 191223.

3) *COPAIFERA PAUPERA* (TABELA 5; FIGURAS 12 E 13)

São oblato-esferoidais, *amb* variando de subtriangular a triangular, longicolpados e parassincolpados, sendo estes últimos raros. O contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm, praticamente, a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, contudo ambas tendem a se afinar à medida que se aproximam dos colpos.

Tabela 5 – Relação dos espécimes de *C. paupera*, com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	25,0 $\pm$ 0,4(23,5-26,0)	24,0 $\pm$ 0,5(22,0-27,0)	0,96	24,2 – 25,8	2,0	2,0
2	27,0 $\pm$ 0,7(23,5-30,0)	25,0 $\pm$ 0,4(23,5-27,0)	0,93	25,6 – 28,4	2,0	1,8
3	27,0 $\pm$ 0,4(26,0-29,0)	26,0 $\pm$ 0,2(26,0-28,0)	0,96	26,2 – 27,8	2,0	2,0
4	30,0 $\pm$ 0,8(27,0-35,0)	27,0 $\pm$ 0,4(26,0-31,0)	0,90	28,4 – 31,6	2,0	2,0

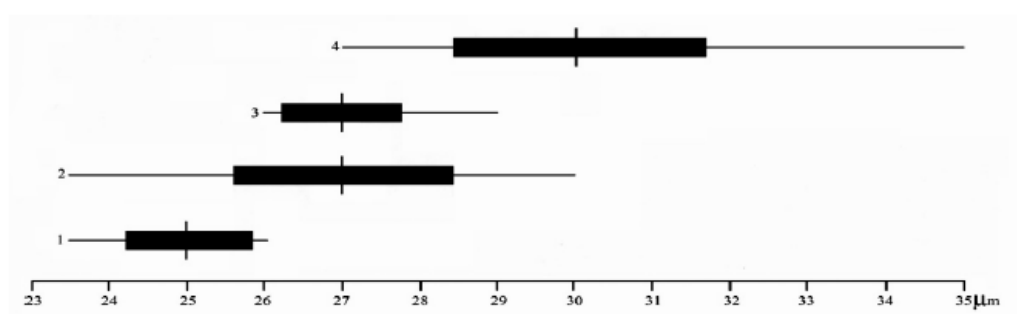


Figura 12 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. paupera*.

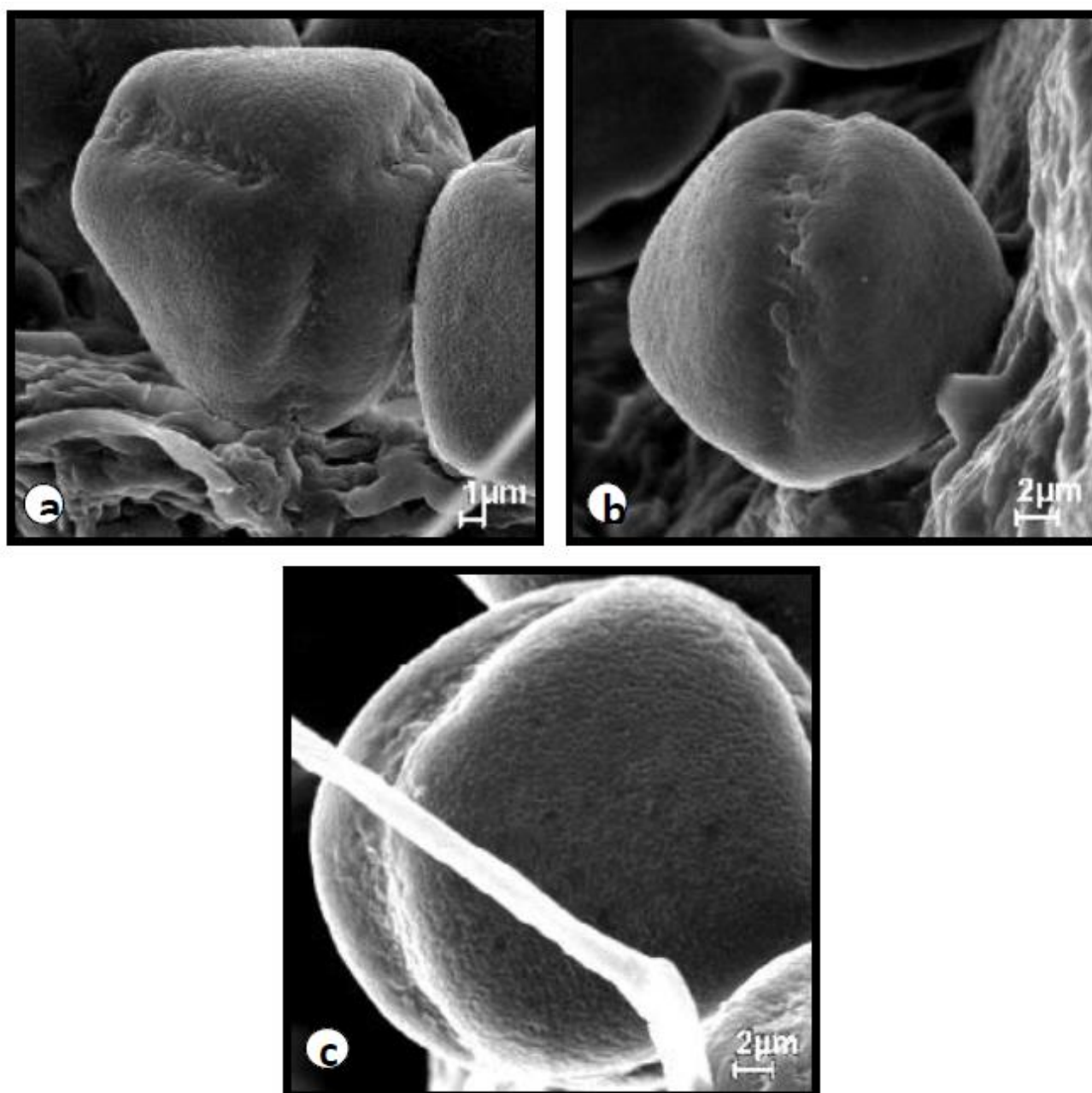


Figura 13 - Pólen de *C. paupera*. MEV: a) VP, aspecto dos longicolpos; b) VE, mostrando a disposição do colpo; c) VE, destaque da ornamentação da exina. IAN 175961.

4) *COPAIFERA PIRESII* (TABELA 6; FIGURAS 14 E 15)

A forma variou de suboblata a oblato-esferoidal, e o *amb* de subtriangular a triangular. São longicolpos e sincolpos. O contorno da base dos colpos é regular. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, no entanto, ambas tendem reduzir próximo aos colpos.

Tabela 6 – Relação dos espécimes de *C. piresii* com as respectivas medidas em μm dos respectivos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	$24,0 \pm 0,5 (22,0-26,0)$	$23,0 \pm 0,4 (22,0-25,0)$	0,96	23,0 – 25,0	2,0	1,8
2	$26,0 \pm 0,4 (25,0-28,0)$	$22,0 \pm 0,4 (20,0-23,5)$	0,84	25,2 – 26,8	1,9	1,8

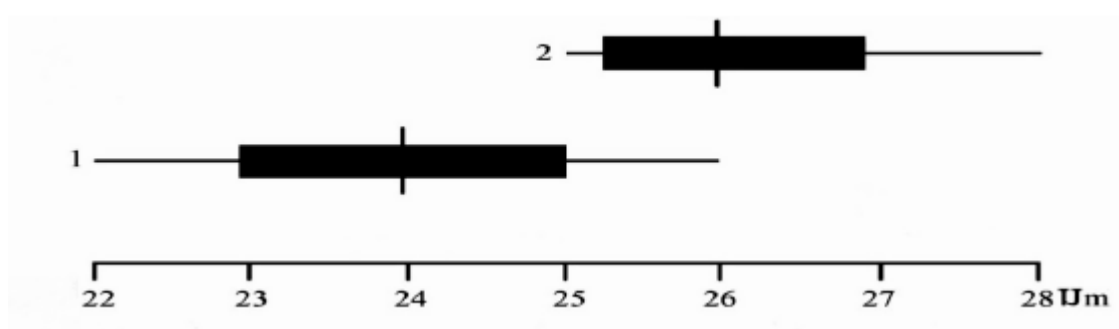


Figura 14 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. piresii*.

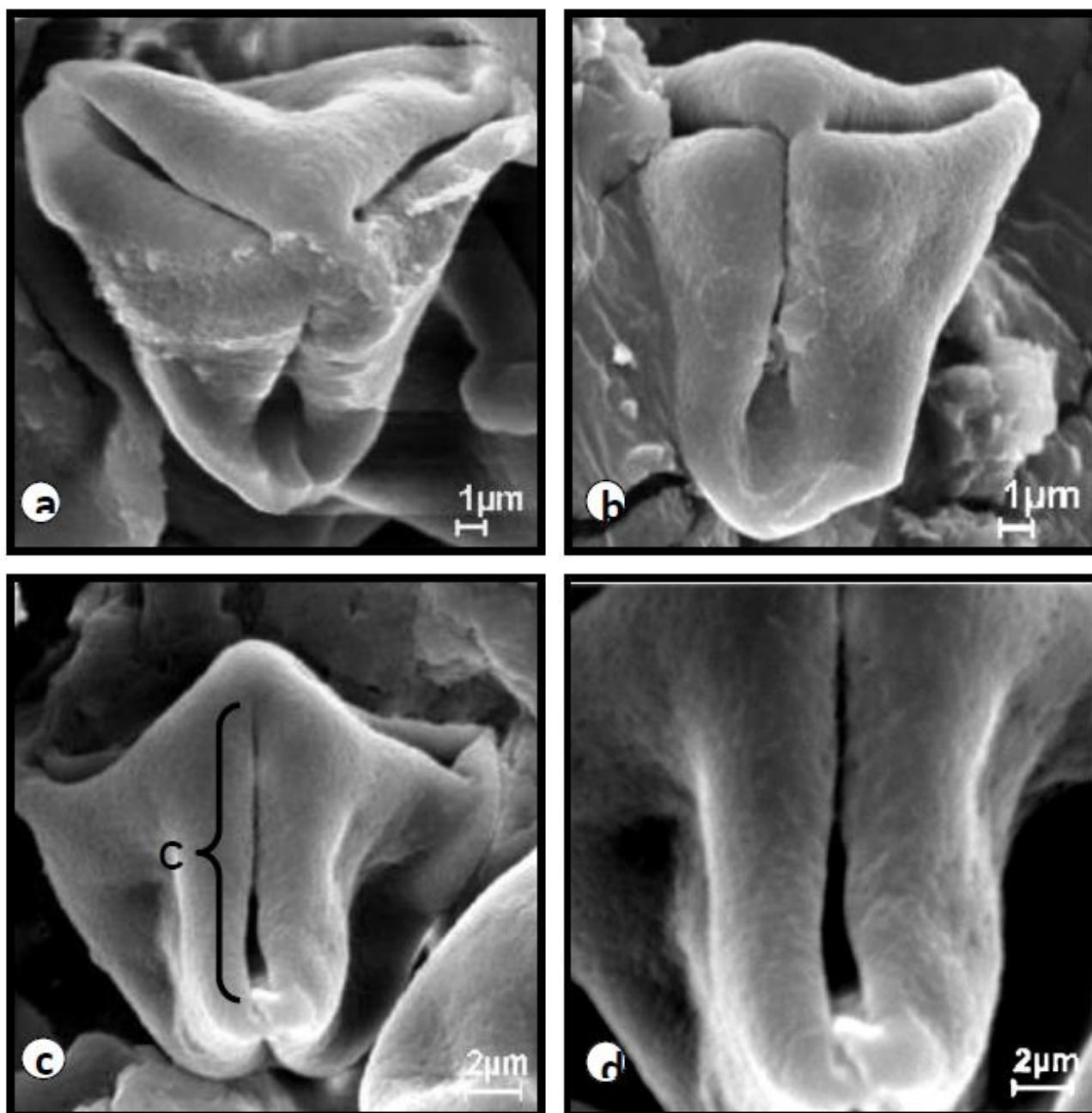


Figura 15 - Pólen de *C. piresii*. MEV: a) VP, pólen longicollado; b) Idem, pólen sinicollado; c) VE, aspecto do colpo (C); d) Idem, do colpo e da ornamentação da exina. IAN 71503.

5) *COPAIFERA PUBIFLORA* BENTH. (TABELA 7; FIGURAS 16 E 17)

Os grãos de pólen são oblato-esferoidais, com *amb* variando de subtriangular a triangular. Os colpos são longicollados e parassincolpados, e o contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm, usualmente, a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, porém a sexina permanece constante e a nexina reduz próximo aos colpos.

Tabela 7 – Relação dos espécimes de *C. pubiflora* Benth. com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	31,0 $\pm$ 0,4(25,0-32,5)	28,0 $\pm$ 0,5(25,0-32,5)	0,90	30,2 – 31,8	2,0	1,8
2	27,0 $\pm$ 0,3(26,0-29,0)	25,0 $\pm$ 0,2(22,0-26,0)	0,92	26,4 – 27,6	2,0	2,0

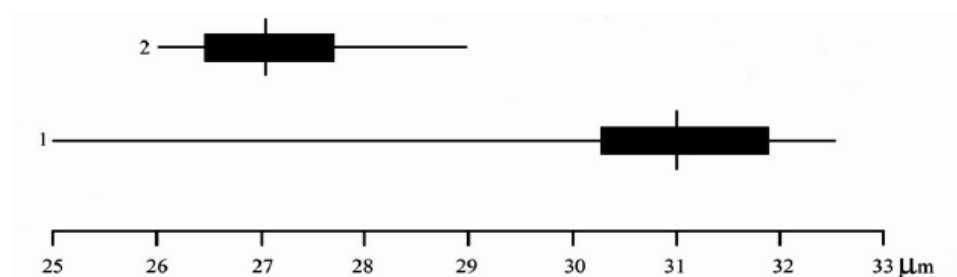


Figura 16 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. pubiflora*.

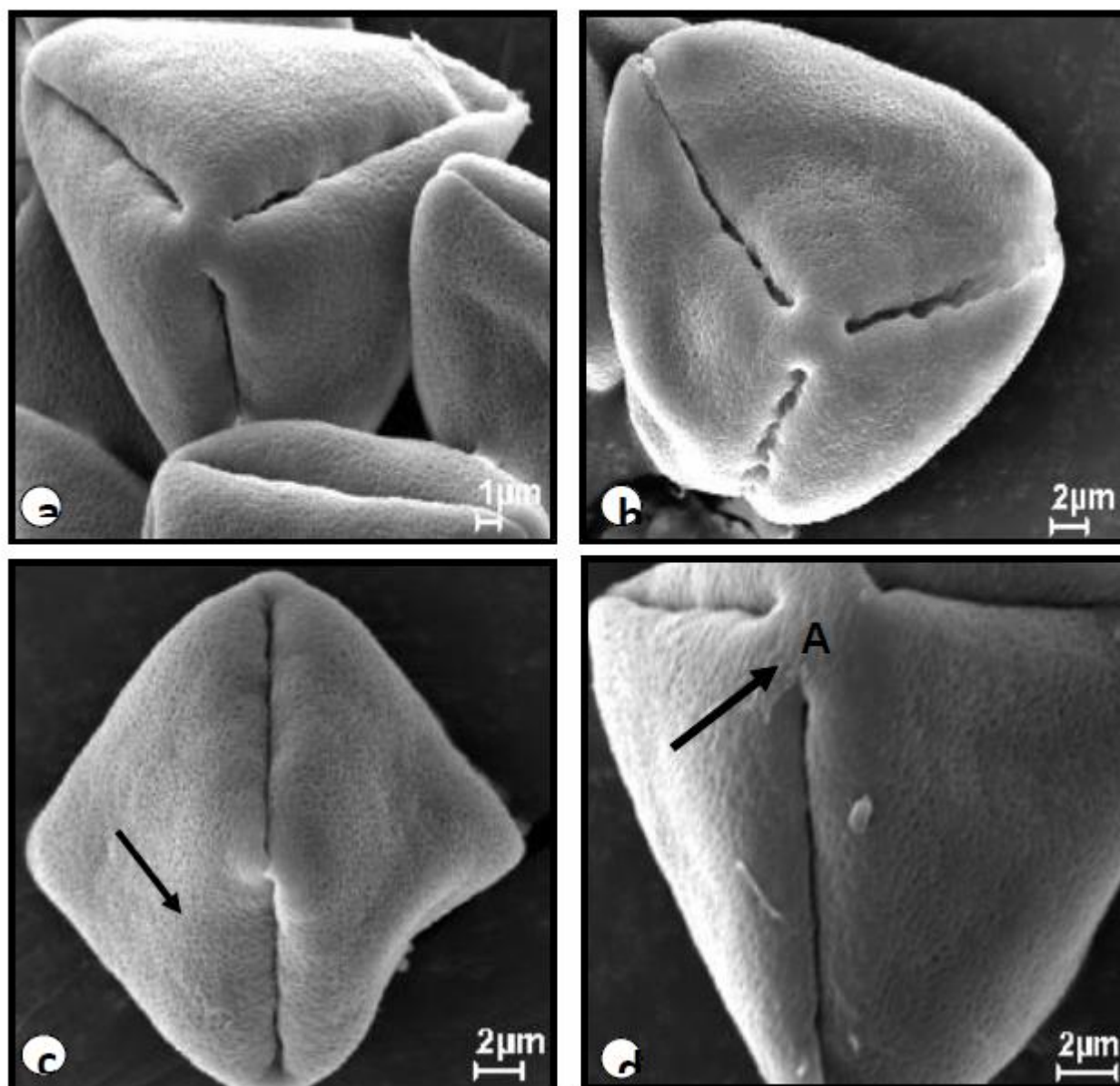


Figura 17 - Pólen de *C. publiflora*. MEV: a) VP, âmbito triangular; b) Idem, âmbito subtriangular; c) VE, aspecto da ornamentação da exina; d) VP, mostrando os longicolpos, apocolpo (A). IAN 180249.

6) *COPAIFERA RETICULATA* DUCKE (TABELA 8; FIGURAS 18 E 19)

A forma dos grãos de pólen variou de subprolato a oblato-esferoidal, e o *amb* de subtriangular a triangular. São longicolpados, com o contorno da base dos colpos regular. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura ao nível dos mesocolpos, contudo, ambas se estreitam próximo aos colpos.

Tabela 8 – Relação dos espécimes de *C. reticulata* Ducke com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	29,5 $\pm$ 1,0(27,0-32,0)	29,0 $\pm$ 1,0(27,0-30,0)	0,98	27,5 – 31,5	1,8	1,8
2	31,5 $\pm$ 1,0(28,0-34,0)	27 $\pm$ 0,7(26,0-29,0)	1,16	29,5 – 33,5	1,8	1,8
3	30,0 $\pm$ 0,5(29,0-34,0)	26,0 $\pm$ 0,6(25,0-29,0)	0,86	29,0 – 31,0	1,8	1,8
4	32,0 $\pm$ 0,6(29,0-34,0)	29,0 $\pm$ 0,8(26,0-32,0)	0,90	30,8 – 33,2	2,0	1,8

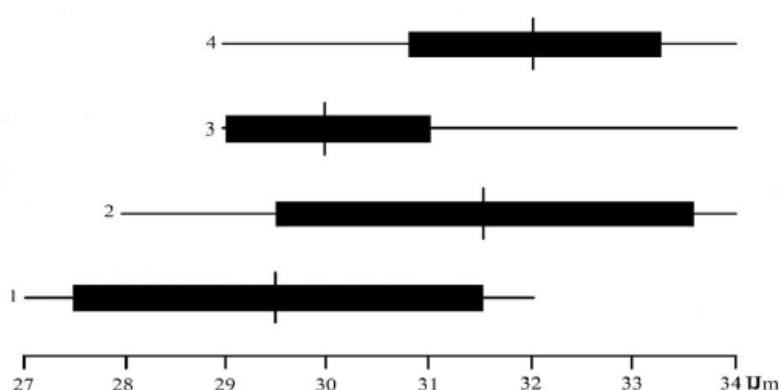


Figura 18 - Diagrama comparativo dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. reticulata*.

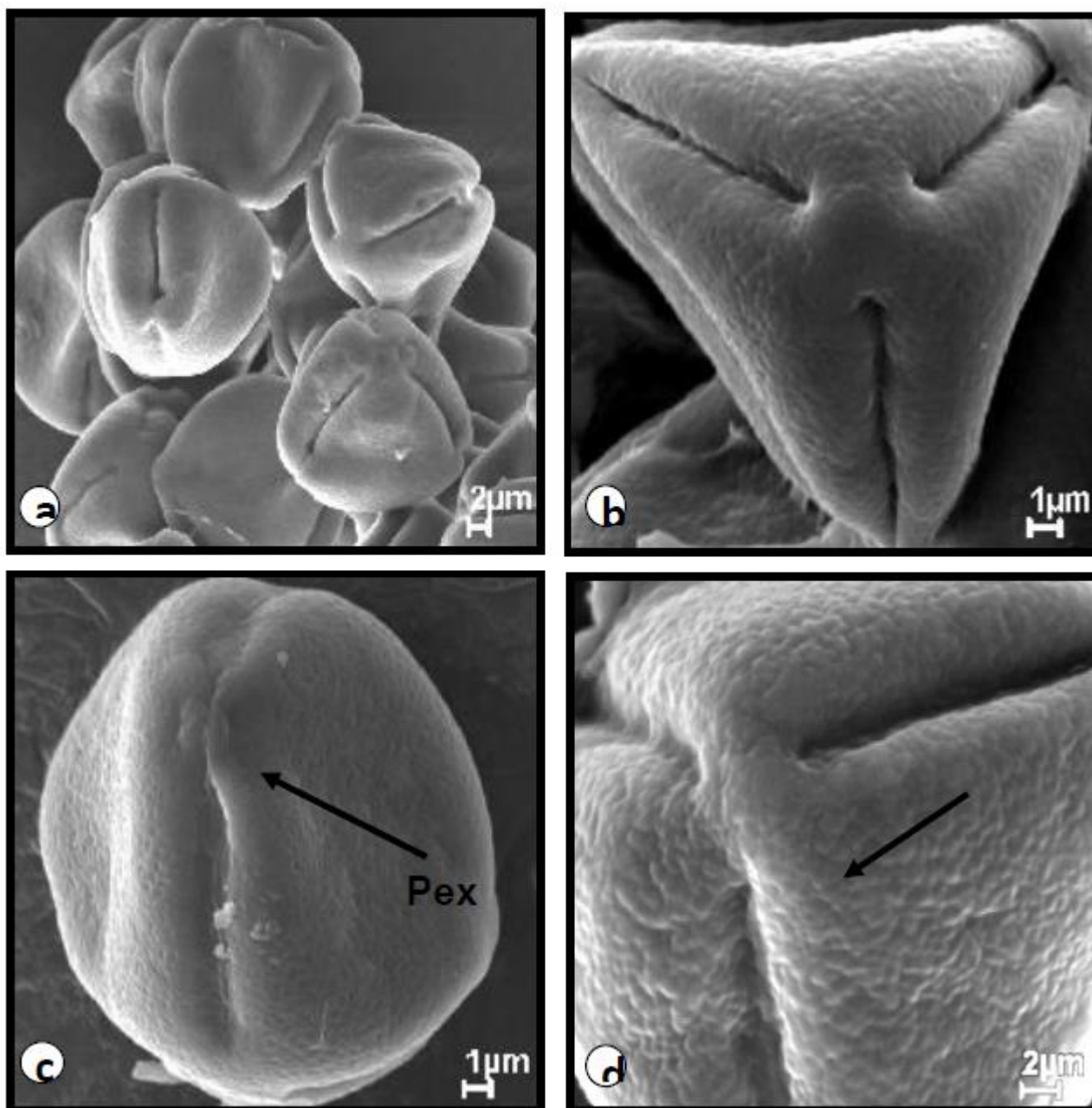


Figura 19 - Pólen de *C. reticulata*. MEV: a) Vista geral dos grãos de pólen em VP e VE; b) VP, mostrando a disposição dos longicolspos; c) VE, aspecto do colpo e da ponte de exina (Pex); d) Idem, da ornamentação da exina perfurada, detalhe dos colpos e apocolpo. MG 15603.

d) Observações

A superfície levemente perfurada, distribuída de forma regular por toda a superfície do grão de pólen, caracteriza este Subtipo. Das seis espécies que constituem o Subtipo Polínico *paupera* foi verificado que em todas, os mesocolpos são retilíneos e côncavos. Sexina e nexina mantiveram-se constantes em quase todas as espécies, ou seja, espessadas na região dos mesocolpos. Somente em *C. pubiflora*,

que a nexina torna-se mais estreita próximo aos colpos, e em *C. cearensis* var. *arenicola* Ducke que a sexina diminui.

Em *C. piresii* e *C. reticulata*, foi verificado que a forma dos grãos de pólen variou entre os espécimes analisados. *C. piresii* mostrou-se suboblata no espécime (Egler, W. A., 1185- UB 1329), e oblato-esferoidal em (Pires, J. M., 3876- *typus* IAN 71503). *C. reticulata* exibiu forma suboblata nos espécimes (Ducke, A. s.n. – MG 15603; Lisboa, P. *et al.*, 3080 - MG 97679) e oblato-esferoidal em (Ducke, A. s.n. – MG 16854; Ducke, A. s.n. - MG 16610).

Em *C. langsdorfii* Desf., os resultados obtidos do espécime 1 (Irwin, H. S. *et al.* 30449 – IAN 138832) mostram que este difere dos demais na maioria dos caracteres analisados, principalmente quanto às perfurações da ornamentação da exina. Por meio dos diagramas comparativos foi possível verificar superposição dos espécimes nas seguintes espécies: *C. langsdorfii*, 1 e 2; *C. paupera*, 2 e 3; *C. reticulata*, 2 e 4.

SUBTIPO POLÍNICO *MULTIJUGA*

a) Microscopia de luz: Caracteriza-se por apresentar superfície psilada com perfurações. Compreende as espécies *C. martii*, *C. oblongifolia*, *C. rigida*. *C. multijuga* é considerada a espécie representante.

b) Microscopia Eletrônica de Varredura: Ao microscópio eletrônico de varredura, o pólen das espécies que constituem o Subtipo Polínico *multijuga* apresenta a exina densamente perfurada, sendo que as perfurações distribuem-se por toda superfície de forma regular.

c) Espécie *Copaifera martii* Hayne (Tabela 9; Figuras 20 e 21)

Os grãos de pólen são oblato-esferoidais, *amb* variando de subtriangular a triangular. São longicolpados, parassincopados e sincopados. O contorno da base dos colpos é regular. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm quase a mesma espessura, e permanecem constantes até os colpos.

Tabela 9 – Relação dos espécimes de *C.martii* com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e I.C.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	25,0 $\pm$ 0,4(22,0-26,0)	22,0 $\pm$ 0,3(21,0-23,5)	0,88	24,2 – 25,8	1,8	1,8
2	24,0 $\pm$ 0,3(23,5-27,0)	23,0 $\pm$ 0,3(22,0-26,0)	0,95	23,6 – 24,6	1,5	1,5
3	30,0 $\pm$ 0,4(25,0-35,0)	30,0 $\pm$ 0,4(25,0-35,0)	1,00	29,2 – 30,8	2,0	1,8

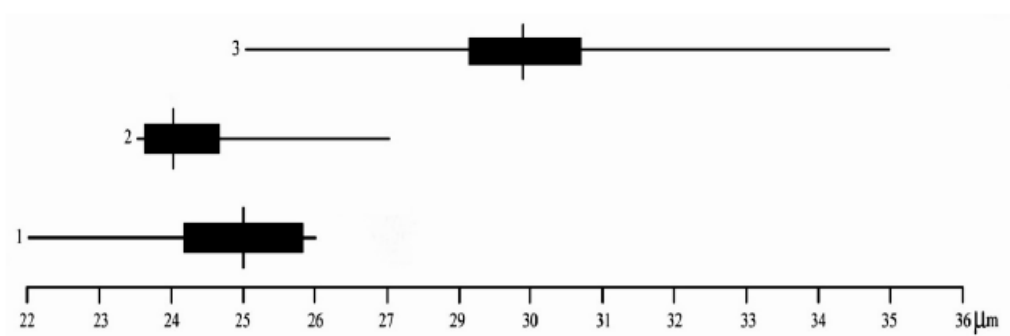


Figura 20 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. martii*.

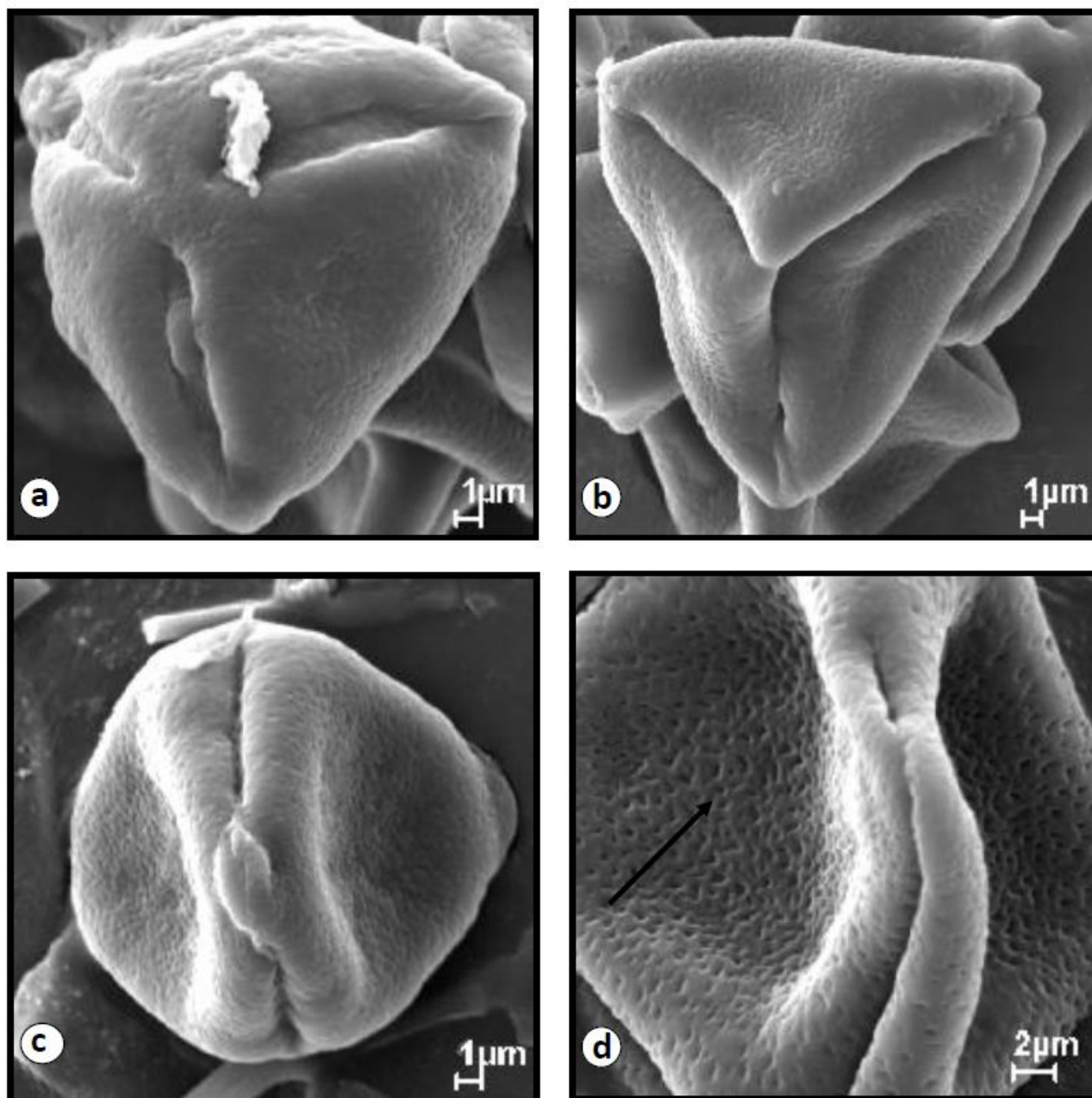


Figura 21 - Pólen de *C. martii*. MEV: a) VP, pólen longicolpado; b) Idem, pólen sincolpado; c) VE, aspecto do colpo e das pontes de exina; d) Idem, da ornamentação da exina densamente perfurada.

INPA 90522.

2) *COPAIFERA MULTIJUGA* HAYNE (TABELA 10; FIGURAS 22 E 23)

Os grãos de pólen variam de suboblatos a oblato-esferoidais, longicolpados e parassincolpados. O contorno da base dos colpos é dilatado, e os mesocolpos podem ser retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina tendem a ter a mesma espessura nos mesocolpos, e se estreitam à medida que se aproximam dos colpos. No teto simples baculado, os báculos projetam-se até a região dos colpos.

Tabela 10 – Relação dos espécimes de *C. multijuga* com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	$31,0 \pm 1,0 (29,0-34,0)$	$27,0 \pm 0,7 (26,0-28,0)$	0,87	29,0 – 33,0	2,0	1,8
2	$33,0 \pm 0,4 (30,0-37,5)$	$31,0 \pm 0,4 (27,5-35,0)$	0,94	32,2 – 33,8	2,0	2,0
3	$35,0 \pm 0,3 (32,5-40,0)$	$31,0 \pm 0,4 (27,5-35,0)$	0,88	34,4 – 35,6	2,0	1,8

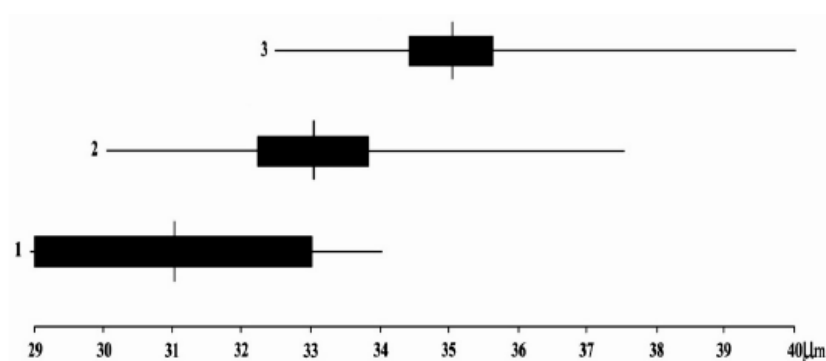


Figura 22 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. multijuga*.

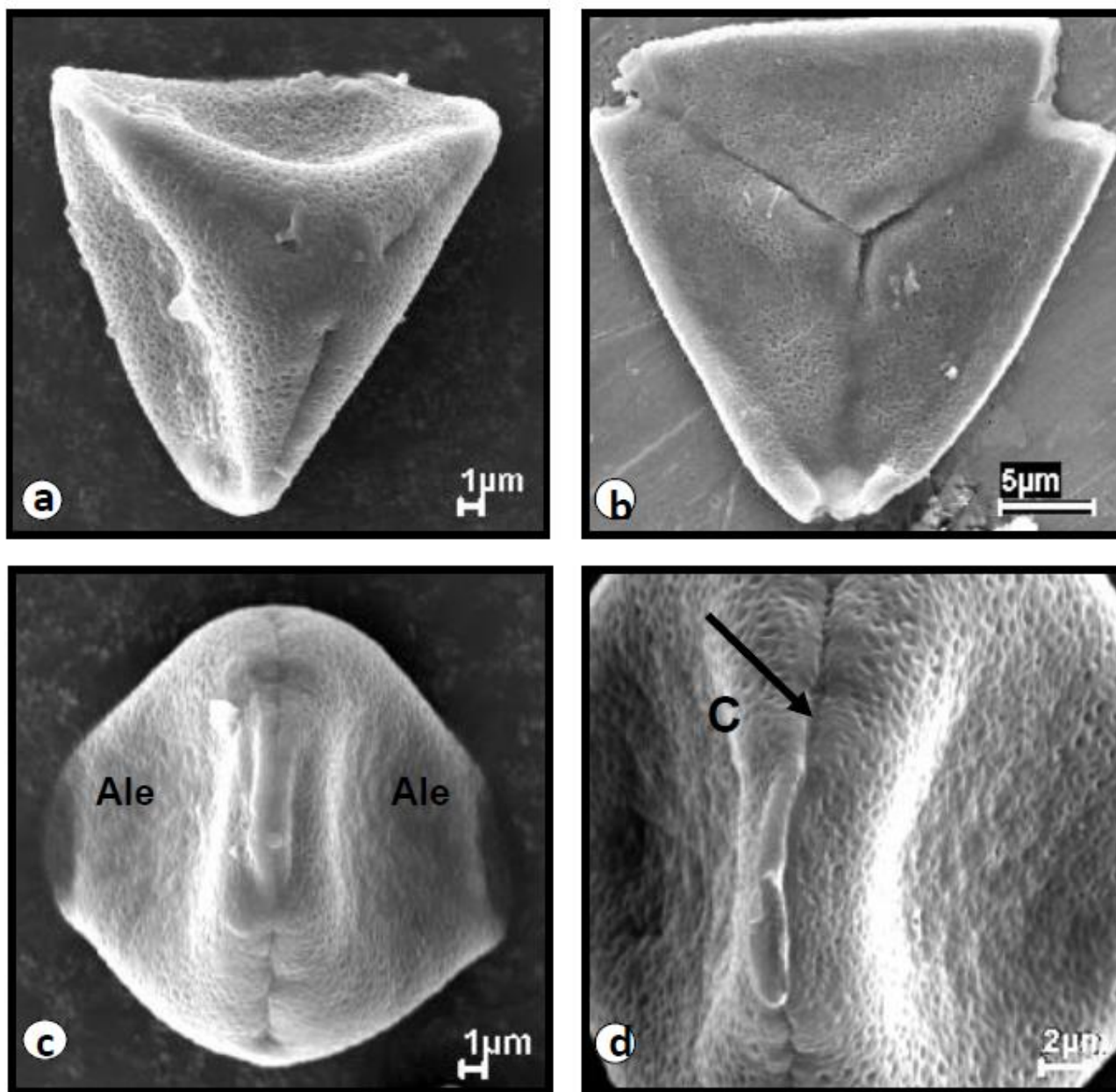


Figura 23 - Pólen de *C. multijuga*. MEV: a) VP, pólen longicolpado; b) Idem, pólen sincolpado; c) VE, mostrando as aletas (Ale) na região do mesocolpo; d) VE, aspecto da ornamentação da exina, e do colpo (C). INPA 16.910.

3) *COPAIFERA OBLONGIFOLIA* (TABELA 11; FIGURAS 24 E 25)

Os grãos de pólen variam de suboblato a oblato-esferoidais, *amb* variando de subtriangular a triangular. São longicolpados e sincolpados. O contorno da base dos colpos pode ser regular ou dilatado. Os mesocolpos são retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm praticamente a mesma espessura nos mesocolpos. A sexina se afina à proporção que se aproxima dos colpos.

Tabela 11 – Relação dos espécimes de *C. oblongifolia* com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	$28,0 \pm 0,4(27,0-30,0)$	$26,0 \pm 0,4(25,0-27,0)$	0,92	27,2 – 28,8	1,9	1,6
2	$30,0 \pm 0,4(27,5-35,0)$	$25,0 \pm 0,4(20,0-30,0)$	0,83	29,2 – 30,8	2,0	1,8
3	$32,0 \pm 0,5(28,0-34,0)$	$26 \pm 0,4(25,0-27,0)$	0,81	31,0 – 33,0	1,96	1,8
4	$38,0 \pm 0,4(32,5-40,0)$	$29,3 \pm 0,3(25,0-32,5)$	0,77	37,2 – 38,8	1,9	1,8

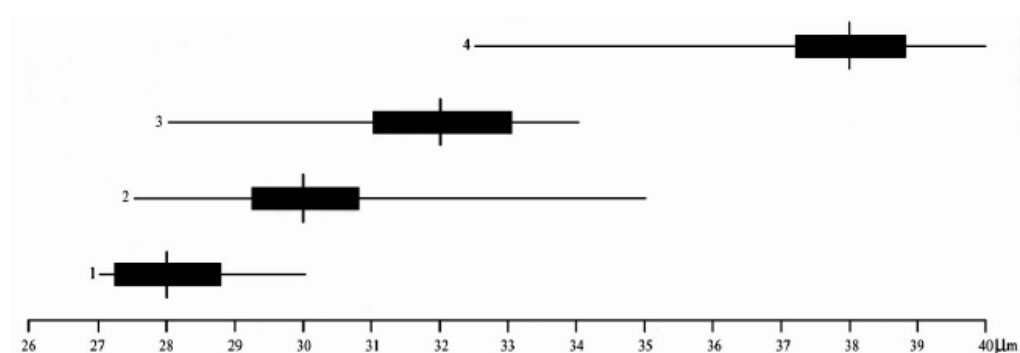


Figura 24 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. oblongifolia*.

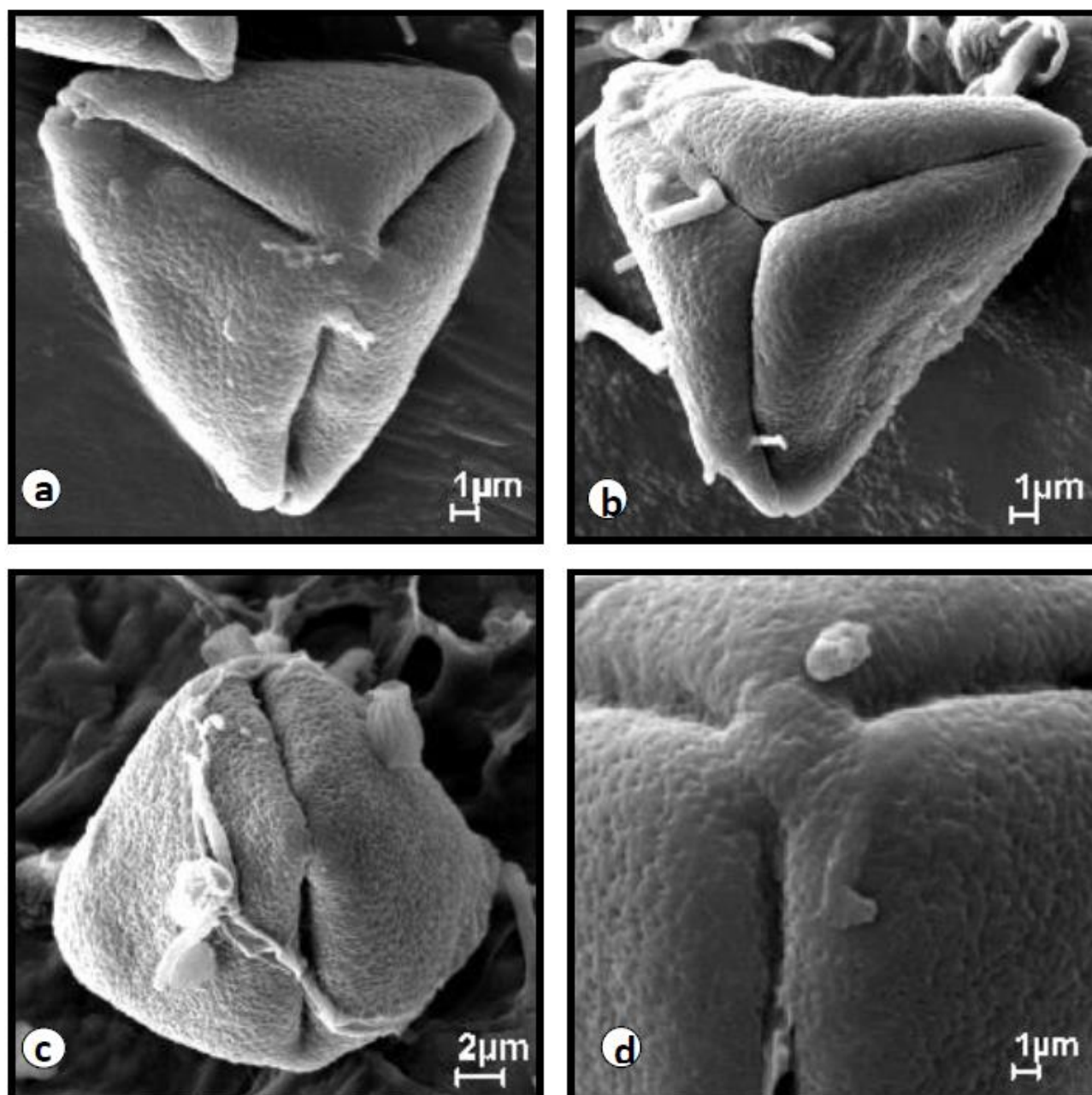


Figura 25 - Pólen de *C. oblongifolia*. MEV: a) VP, pólen longicollado; b) Idem, pólen sincollado; c) VE, detalhe do colpo; d) VE, ornamentação da exina, dos colpos e apocolpo. IAN 140767.

4) *COPAIFERA RIGIDA* (TABELA 12; FIGURAS 26 E 27)

Os grãos de pólen são oblato-esferoidais, *amb* triangular, longicollados, parassincollados e sincollados. O contorno da base dos colpos é regular e os mesocollpos podem ser retilíneos ou côncavos. Sexina e nexina têm quase a mesma espessura e permanecem constantes até os colpos.

Tabela 12 – Relação dos espécimes de *C. rigida* com as respectivas medidas em μm dos grãos de pólen, incluindo P/E e IC.

Espécimes	Eixo Equatorial (E) μm	Eixo Polar (P) μm	P/E	IC	Sex (μm)	Nex (μm)
1	26,0 $\pm$ 0,4(25,0-28,0)	24,0 $\pm$ 0,4(22,0-26,0)	0,92	25,2 – 26,8	1,9	1,8
2	32,0 $\pm$ 0,4(27,5-37,5)	29,0 $\pm$ 0,4(25,0-32,5)	0,90	31,2 – 32,8	2,0	1,9
3	30,0 $\pm$ 0,4(28,0-35,0)	27,0 $\pm$ 0,4(23,0-33,0)	0,90	29,2 – 30,8	2,0	1,9

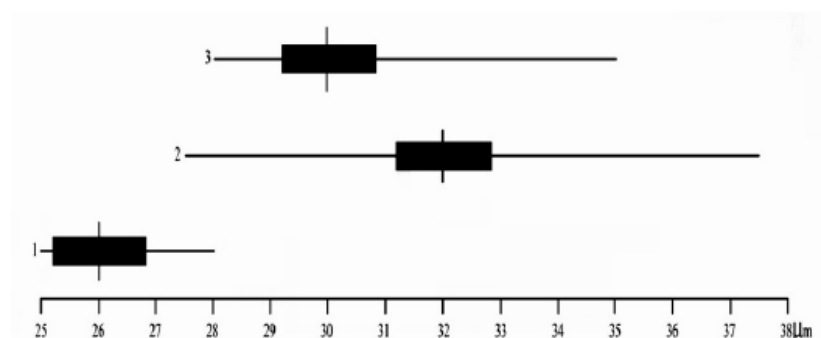


Figura 26 - Diagrama comparativo das medidas dos E dos grãos de pólen dos espécimes examinados de *C. rigida*.

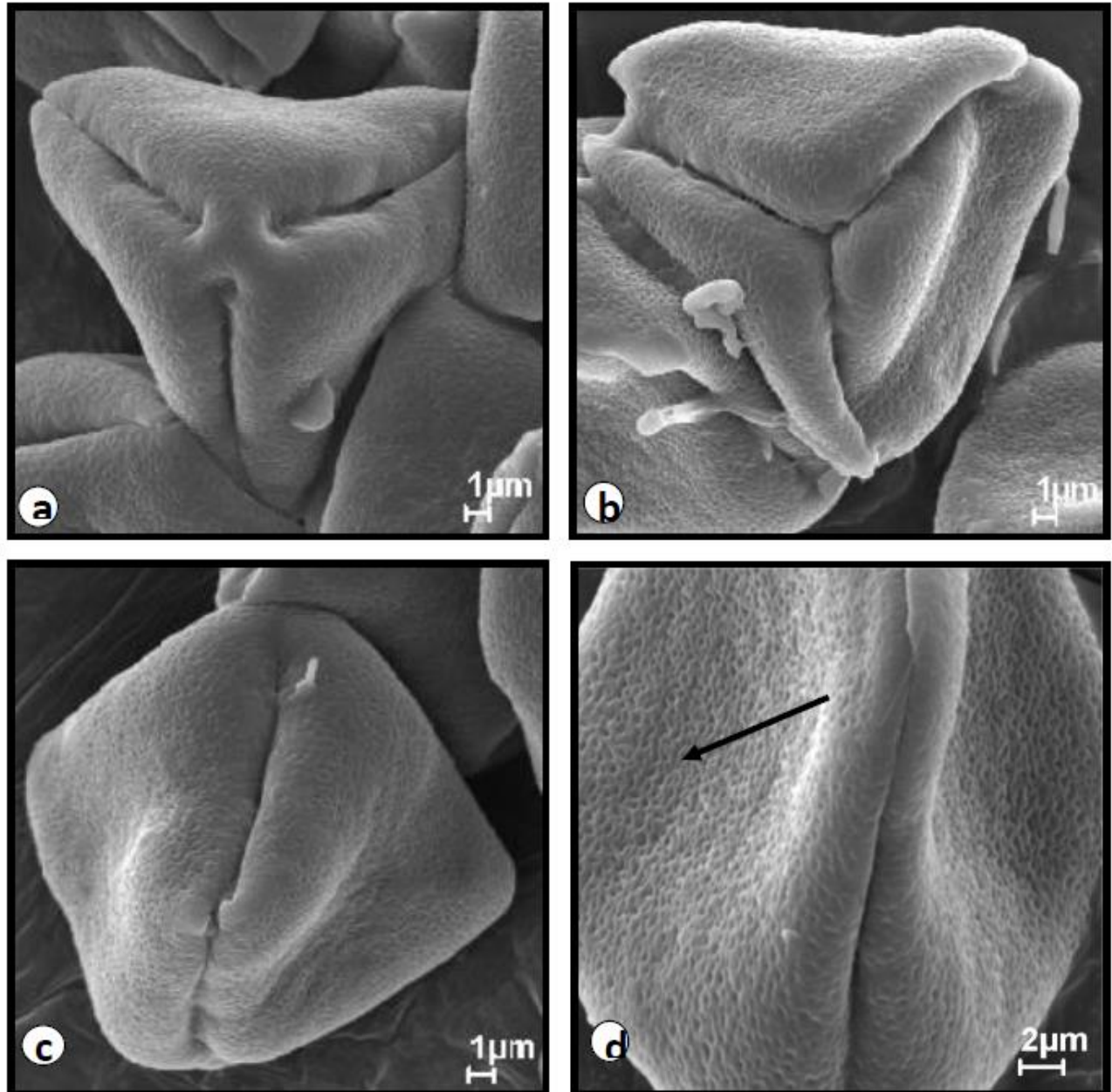


Figura 27 - Pólen de *C. rigida*. MEV: a) VP, pólen longicolpado; b) Idem, pólen sincolpado; c) VE, aspecto do colpo; d) VE, ornamentação da exina perfurada. SP 31869.

d) Observações: o Subtipo Polínico *multijuga* destaca-se pelas perfurações distribuídas por toda a superfície e, por esse motivo, é caracterizado como o mais diferenciado de todos. Das quatro espécies que representam o Subtipo Polínico *multijuga*, *C. martii* e *C. rigida* foram as que apresentaram muitos caracteres em comum, sobretudo pelos três padrões de projeção dos colpos: longicolpado, parassincolpado e sincolpado.

Entre os espécimes de *C. oblongifolia*, as coletas de Irwin, H. S. *et al.*, 16712 - IAN140767, e, Martinelli & Jouvin, P. P., 3782 - RB 71448, assemelham-se em vários aspectos da morfologia do pólen, como

grãos de pólen suboblatos, longicolpados e sincolpados, mesocolpo retilíneo, contorno dilatado e âmbito triangular. Diferentemente das amostras de Ivanauskas, N. M. 1695 - ESA 42567 e Salgado, M., 65 - IAN 163690, o pólen apresentou-se apenas como longicolpados, forma, prolato-esferoidal, âmbito, subtriangular a triangular, com diferentes estruturas de mesocolpo e contorno dos colpos. Nos diagramas comparativos não houve superposição dos espécimes.

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO DOS SUBTIPOS POLÍNICOS

1. GRÃOS DE PÓLEN 3-COLPORADOS

1.1. DE SUPERFÍCIE PSILADO-PERFURADA

Subtipo Polínico *officinalis*

1.2. DE SUPERFÍCIE PSILADO-VERRUCOSA

Subtipo Polínico *guyanensis*

1.3. DE SUPERFÍCIE LEVEMENTE PERFURADA

Subtipo Polínico *paupera*

C. cearensis var. *arenicola*

C. langsdorfii

C. paupera

C. piresii

C. pubiflora

C. reticulata

1.4. DE SUPERFÍCIE DENSAMENTE PERFURADA

Subtipo Polínico *multijuga**C. martii**C. multijuga**C. oblongifolia**C. rigida*

DISCUSSÃO

As análises morfológicas do gênero *Copaifera* L. revelaram-no como estenopolínico por apresentar os grãos de pólen com um tipo característico e constante, ou seja, desprovido de variações marcantes quanto ao tamanho, forma, número de aberturas e estratificação da exina. Variações significativas aparecem na ornamentação da exina, e foram fundamentais para a separação das espécies nos quatro Subtipos Polínicos. Tais resultados coincidem em parte com os de Watson & Dallwitz (2000), que descreveram o pólen do gênero como punctado homogêneo, com as pontuações distribuídas discretamente por toda a superfície. A indicação da ornamentação da exina como principal caráter para analisar as espécies representativas do gênero deve-se, sobretudo aos constituintes da parede dos grãos de pólen (FAEGRI e IVERSEN, 1964). Para Walker e Doyle (1975) essa camada escultural fornece uma gama de caracteres filogeneticamente importantes.

Outros aspectos da morfologia foram detectados por Banks e Klitgaard (2000) que observaram a formação de saliências na região apertural de grãos de pólen maduros de espécies de Detarieae s.s. e associaram estas formações a camadas bem desenvolvidas de substâncias pécticas situadas abaixo da endoexina, denominados “zwischenkörper”. Banks (2003) reconheceu posteriormente pontes de exina em uma espécie de *Copaifera*, (*C. baumiana* Harms) de um total de 16 espécies examinadas, e em oito espécies de *Sindora*, de 13 espécies analisadas. Nesses gêneros, os grãos de pólen nitidamente ostentam as saliências, e apresentam a forma de um losângulo, denominada aqui como “diamond-shaped pollen”.

O contorno regular ou dilatado da base dos colpos, identificado neste estudo na grande maioria das espécies, é interpretado por Thanikaimoni (1986) como um mecanismo de proteção que a célula utiliza para suportar variações volumétricas intracelulares, as quais induzem a lise e perda do conteúdo

celular. Para Wodehouse (1935) tais mudanças volumétricas estão associadas às fases de hidratação e desidratação nos períodos pré e pós-germinativos dos grãos de pólen. Rowley & Skavarla (1976) explicaram que a presença de dilatações na região apertural indica uma grande quantidade de proteínas inorgânicas exógenas que se acumularam mais nessa região do que nos estratos mais internos da exina. Banks e Klitgaard (2000) interpretaram essa estrutura morfológica como saliências na margem da abertura, tornando esta área mais dilatada e acentuada.

A descrição de *Copaifera* feita por Fasbender (1959) classifica o pólen como 3-colporado, âmbito circular a triangular, forma suboblata, oblato-esferoidal ou prolato-esferoidal, colpos dispostos como longicolpados ou sincolpados, endoabertura variando de lalongada retangular a circular; a sexina é psilada e tem a mesma espessura da nexina, ou o dobro do tamanho desta; em vista equatorial o pólen tem a forma elíptica ou como aqui citado, “diamond-shaped”. Para todos os gêneros estudados da tribo Cynometreae a morfologia do pólen gerou duas classificações, a primeira, com as espécies que possuem exina finamente estriada, e a segunda, com exina psilada, na qual foi incluso *Copaifera*, *Cynometra* (algumas espécies), *Gossweilerodendron* Harms, *Hardwickia* Roxb., *Kingiodendron* Harms, *Oxystigma* Harms, *Prioria* Griseb., *Pterogyne* Tul., *Guibourtia* Benn. e *Pseudocopaiva* Britton & P. Wilson. Fasbender (*l.c.*) comentou, ainda, que o aparecimento de pólen psilado, nestes gêneros, indica a existência de estreitas relações entre os mesmos. Comparando os resultados de Fasbender (*l.c.*) exceto pela endoabertura, que é aqui observada como circular, e a ornamentação da exina, que variou de psilada a perfurada, nos demais aspectos os resultados coincidem, principalmente no que se refere as espécies que também fazem parte desta pesquisa, *C. multijuga* Hayne, *C. officinalis* (Jacq.) L. e *C. pubiflora* Benth. Outro ponto fundamental, é que a falta de uma amostragem significativa para cada espécie levou a obtenção de dados mais restritos, já que na maioria das vezes Fasbender (*l.c.*) coletou apenas um espécime.

Em *Copaifera*, apesar da exina também apresentar ectoexina e endoexina, a primeira camada é somente formada por sexina, e a segunda, apenas por nexina, a qual sustenta a camada bacular. Há, portanto, dois componentes, um suprategal, com significado escultural, que evidencia as perfurações, e outro infrategal, de responsabilidade estrutural, que corresponde a camada baculada. A exina é tectada, diferenciando-se em levemente perfurada e densamente perfurada. As perfurações constituem espaços descontínuos do teto, ou seja, áreas não preenchidas que se exibem externamente na forma de perfurações.

Van Campo (1971) informou que a presença da exina baculada é tida como um avanço evolutivo, quando comparada às Gimnospermas. Walker e Kemp (1972) constataram que a proporção de sexina

e nexina, encontrada na parede do grão de pólen, assim como presença ou ausência de endoexina e ectonexina, já indicam tendências evolutivas. Observações do pólen das Angiospermas primitivas, evidenciaram pólen atectado, e, primitivamente, desprovido de báculos ou columelas (WALKER, 1974a; WALKER e SKVARLA, 1975). Contudo, Walker (1974b) noticiou que há uma linha evolucionária migrando da estrutura tectal menos elaborada, com o teto liso, para a mais elaborada, com grãos de pólen desprovidos de teto. Nesse caso, a ausência de teto deve-se ao fato dos elementos esculturais, como verrugas, pilos etc., não necessitarem compartilhar uma mesma superfície, e assim apresentam-se independentes.

A variação de da ornamentação da exina de psilada para densamente perfurada delimitou extremos dentro de um contexto evolutivo. A superfície psilado-perfurada do Subtipo Polínico *officinalis*, foi diferenciando-se em perfurações mais evidentes, por toda a superfície do pólen, e adquirindo aspecto densamente perfurado, com observado no Subtipo Polínico *multijuga*. No Subtipo *paupera* *C. pubiflora* exibe as perfurações mais destacadas, dentro desse Subtipo, assemelhando-se as observadas no Subtipo *multijuga*. Também, *C. cearensis* var. *arenicola*, *C. langsdorfii*, *C. paupera* e *C. reticulata* coincidem palinologicamente. Como tais similaridades puderam ser comprovadas também com as informações da taxonomia, pode-se inferir sobre as afinidades entre essas espécies.

O fato dos grãos de pólen de *Copaifera* mostrarem a exina fina e delgada torna-os susceptíveis a colapsos, em decorrência dos vários processos químicos e metabólicos celulares. Thanikaimoni (1986) concluiu que nessas situações, o pólen está geneticamente programado para produzir elementos que têm como função dar suporte à membrana celular. Este autor explicou que a ausência ou redução da estratificação da exina induz o aparecimento dessas estruturas, e tal caráter é considerado adaptativo. Concordando com as conclusões de Thanikaimoni (*l.c.*) Banks e Klitgaard (2000) interpretaram que as áreas não preenchidas por exina na região apertural levaram ao surgimento desses elementos, que atuam como forma de suprir a ausência desta.

A projeção dos golpes em longicolpados, sincolpados e parassincolpados, é amplamente exibida nos grãos de pólen de *Copaifera*, sendo longicolpado, o tipo mais freqüente. O tipo longicolpado, com golpes longos, preservando pequenas áreas do apocolpo, é caracterizado por Banks e Klitgaard (2000) como o tipo mais comum observado na tribo Detarieae.

Os caracteres polaridade e simetria são usualmente determinados pelo tipo de abertura, respectivamente identificados neste estudo como isopolar e radial, para todas as espécies investigadas. Walker e Doyle (1975) esclareceram que as linhas evolucionárias direcionadas para a polaridade dos grãos de pólen, possivelmente iniciaram com o pólen heteropolar, monosulcado, indo

em direção ao apolar, inaperturado, continuando até a forma básica isopolar colpada, e daí, expandindo-se para os sub-isopolares e os secundariamente apolares.

Dentro das principais linhas evolutivas em Palinologia, como a presença de nexina 1, maior número de estratos na sexina e maior complexidade das aberturas, a morfologia polínica das 12 espécies de *Copaifera* evidenciou apenas variabilidades nas conformações aperturais. Concordando com os resultados de Walker e Doyle (1975) para a evolução de caracteres polínicos dentro de Leguminosae, provavelmente *Copaifera* segue linhas evolutivas mais basais, situando-se em posição intermediária, como zona de irradiação de caracteres derivados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Palinologia mostrou-se uma ferramenta importante na interpretação dos dados taxonômicos de *Copaifera*. Devido ao elevado grau de semelhança morfológica, as 12 espécies aqui analisadas, acham-se representadas por quatro Subtipos Polínicos: Subtipo *officinalis*, Subtipo *guyanensis*, Subtipo *paupera* e Subtipo *multijuga*.

Os dados da morfologia polínica inferem nos seguintes aspectos: **1)** confirmam com a sinonímia de *C. rigida* e *C. martii* proposta por Dwyer (1951) e Martins-da-Silva (2006); **2)** revisão dos espécimes duvidosos de Martinho e Ferreira, 020 INPA191211, 021 INPA 191212 e INPA 191213, identificados como *C. officinalis*, contudo semelhantes na morfologia dos grãos de pólen com os de *C. pubiflora*; **3)** Para *C. oblongifolia*, o presente estudo sugere maiores investigações para esclarecer a possibilidade da amostra Martinelli e Jouvin, P. P., 3782 RB 71448 ser considerada uma variedade da amostra Irwin, H. S. *et al.*, 16712. Quanto aos espécimes Ivanauskas, N. M. 1695 e Salgado, M., 65, os quais exibiram a morfologia polínica mais diversificada de *C. oblongifolia*, propõe-se que sejam investigados mais detalhadamente a fim de que se possa esclarecer a validade desses dois espécimes como *C. oblongifolia*.

A morfo-palinologia de *Copaifera* ostentou caracteres polínicos instáveis, que variam dentro da mesma espécie. Essa instabilidade pode gerar caracteres adaptativos e multivariados, ou seja, polimorfismos polínicos freqüentes. Há poucos caracteres precisos, que possam contribuir de forma efetiva para a diagnose do grupo em estudo, sendo compreensíveis os motivos pelo quais as revisões taxonômicas a respeito do gênero são complicadas e às vezes incompletas.

Tomando-se como base a ornamentação da exina, o Subtipo Polínico *officinalis* é o que está na condição morfológica mais simplificada, (superfície psilado-perfurada), enquanto o Subtipo *multijuga* está na mais elaborada (superfície densamente perfurada). Em posição intermediária, encontram-se

os Subtipos *guyanensis* e *paupera*, e quanto às afinidades palinológicas observadas entre todos os Subtipos, os Subtipos *officinalis* e *guyanensis* estão mais próximos, enquanto o Subtipo *paupera* está mais a fim do Subtipo *multijuga*.

A utilização da MEV foi indispensável por ostentar a variação existente na ornamentação da exina dos diferentes Subtipos Polínicos. Graças a essa importante ferramenta da Ciência, tornou-se possível identificar alterações morfológicas não tão evidentes, mas que permitiram a obtenção de informações capazes de individualizar os grupos polínicos estabelecidos na chave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, H.; KLITGAARD, B.B. 2000. Palynological contribution to the systematics of detarioid legumes (Leguminosae: Caesalpinioideae). In: Herendeen, P.S.; Bruneau, A. (eds). *Advances in Legume Systematics* 9:79-106. Royal Botanic Gardens. Kew.
- BANKS, H.; GASSON, P. 2003. In: BANKS, H. *Structure of Pollen Apertures in the Detarieae sensu stricto* (Leguminosae: Caesalpinioideae), with Particular Reference to Underlying Structures (Zwischenkörper). *Annals of Botany*, 92: 425-435.
- BARTH, O.M.; BOUZADA, C.P. 1964. Catálogo Sistemático dos Pólen das Plantas Arbóreas do Brasil Meridional. VI – Leguminosae: Caesalpinioideae. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 62 (fasc. Único): 169-192. Rio de Janeiro.
- BARTH, O.M.; BARBOSA, A. F. 1972. Catálogo Sistemático dos Polens das Plantas Arbóreas do Brasil Meridional. XV – Myrtaceae. *Mem. do Instituto Oswaldo Cruz*, 7(4): 467-496.
- BARTH, O.M.; MELHEM, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de palinologia*. Campinas: UNICAMP, 75p.
- CARREIRA, L. M. M.; SILVA, M. F. DA; LOPES, J. R. C.; NASCIMENTO, L. A. S. 1996a. Catálogo de Pólen das leguminosas da Amazônia Brasileira. Coleção Adolpho Ducke, Museu Paraense Emílio Goeldi, 137p. il.
- CORRÊA, M.P. 1931. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 2(110): 3-35.
- DUCKE, A. 1925. As Leguminosas do Estado do Pará. *Arch. Jard. Bot.* 4:211-342.
- DUCKE, A. 1949. Notas sobre a flora neotrópica II. As Leguminosas da Amazônia Brasileira. 2a. ed., *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte*, 18:8-9.
- DUCKE, A. 1958. Notas Adicionais às Leguminosas da Amazônia Brasileira. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte*, 36: 50-51.
- DWYER, D. 1951. The Central American, West Indian and South American species of *Copaifera* (Caesalpinaceae). *Brittonia*, 7(3): 143-172.
- ENRECH, X. N.; ARROYO, M. T. K.; LANGENHEIM, J. 1983. Sistemática del genero *Copaifera* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae, Detarieae) em Venezuela. *Acta Botanica Venezuelia*. 14:239-290.
- ERDTMAN, G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms*. Stockholm: Almquist & Wikseel, 588p.
- ERDTMAN, G. 1969. *Handbook of Palinology.*: Hafner. New York, 486p.
- FAEGRI, K.; IVERSEN, J. 1964. *Textbook of Pollen Analysis*. 2ª. ed. Copenhagen, Munksgaard, 228p.
- FASBENDER, M.V. 1959. Pollen grain morphology and its taxonomic significance in the Amherstieae, Cynometreae and Sclerolobieae (Caesalpinaceae) with special reference to American genera. *Lloydia*, 22:107-162.

- FERGUSON, I. K. 1987. A preliminary survey of the pollen exine stratification in the Caesalpinieae. In: Banks, H. Structure of Pollen Apertures in the Detarieae sensu stricto (Leguminosae: Caesalpinioideae), with Particular Reference to Underlying Structures (Zwischenkörper). *Annals of Botany*, 92: 425-435.
- GRAHAM, A.; BARKER, G. 1981. Palynology and tribal classification in the Caesalpinioideae. In: POLHILL, R. M. & RAVEN, P. H. (eds.). *Advances in legume biology. Monographs in Systematic Botany*. Missouri Botanical Garden, (29)77-103. St. Louis
- HOLMGREN, P.K.; HOLMGREN, N. H.; BANETT, L. G. 1990. *Index Herbariorum. Part 1: The Herbaria of the World*. 8 ed. New York Botanical Garden: New York. 693p.
- JACQUIN, N. J. 1760. *Enumeratio Systematica Plantarum*. p.21.
- KISSER, J. 1935. Bemerkungen zum einschluß in glicerin-gelatine. [S.l.] *Z. Wiss. Mikr.*, 51p.
- LEWIS, G.P. 1987. Legumes of Bahia. *Royal Botanic Gardens. Kew*, p.209-214.
- LINNEU, C. 1762. *Species Plantarum*. Tome 1 (2ª. ed.). Holmiae: Laurentii Salvii. P.557.
- MARTINS-DA-SILVA, R.C.V. 2006. *Taxonomia das espécies de Copaifera L. (Leguminosae-Caesalpinioideae) ocorrentes na Amazônia Brasileira*. Tese (Doutorado em Botânica) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MELHEM, T.S.; SALGADO-LABORIAU, M.L. 1963. Pollen grains of plants of the “Cerrado”. V- Leguminosae Caesalpinioideae. *Rev. Bras. Biol.*, 23(4):369-387.
- MELHEM, T.S. 1978. *Palinologia—suas aplicações e perspectivas no Brasil*. Coleção Museu Paulista, série Ensaios, 2:235-368.
- MÜLLER, I. 1947. Die pollenanalytische nachweis der menschlichen besiedlung im federsee-und bodenseegebiet. 35p.
- POVEDA, L. J.; ZAMORA, N.; SÁNCHEZ-VINDAS, P. E. 1989. Una nueva especie de *Copaifera L.* (Caesalpinieae: leguminosae) para Costa Rica. In: MARTINS-DA-SILVA, R.C.V. 2006. *Taxonomia das espécies de Copaifera L. (Leguminosae-Caesalpinioideae) ocorrentes na Amazônia Brasileira*. Tese (Doutorado em Botânica) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- PRAGLOWSKY, J.; PUNT, W. 1973. An elucidation of the microreticulate structure of the exine. *Grana*, v. 13, n.4, p. 45-50.
- PUNT, W.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. 1998. *Glossary of Pollen and spores terminology*. 2 ed.: LPP Foundation. Utrecht, 71p.
- ROWLEY, J. R.; SKAVARIA, J. J. 1976. Dynamic changes in pollen wall morphology. In: Ferguson, I. K.; Muller, J. (eds.). *The Evolutionary Significance of the Exine*, London & New York Academic Press, 39-66.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 291p. il.

- SHANLEY, P.; CYMERYS, M.; GALVÃO, J. 1998. Frutíferas da Mata na Vida Amazônica. Belém. 127p.
- SILVA, M. F. DA.; LISBOA, P. L. B.; LISBOA, R. C. L. 1977. Nomes vulgares das plantas da Amazônia. Belém. INPA, 222 p.ilust.
- SILVA, M.F. DA.; SOUZA, L.A.G.; CARREIRA, L.M.M. 2004. Nomes Populares das Leguminosas Brasileiras. Editora da Universidade Federal do Amazonas.
- THANIKAIMONI, G.1986.Pollen aperture: form and function. In: Blackmore, S. ; Ferguson, I. K. (eds.). Pollen and Spores: form and function. The Linnean Society of London Academic Press.119-136.
- VAN CAMPO, M. 1971. Précisions nouvelles sur les structures comparées des pollens de Gymnospermes et d' Angiospermes. In: WALKER, J. W.; DOYLE, J. A. 1975. The bases of Angiosperm: Palynology. Ann. Missouri Bot. Gard. (62): 664-723.
- VEIGA JR., V. F.; PINTO, A. C. 2002. O gênero Copaifera L., Química Nova, 25: 273-286.
- WALKER, J. 1974a. Primitively columellaless pollen: a new concept in the evolutionary morphology of angiosperms. Amer. Jour. Bot. 61(5, supplement): 51.
- WALKER, J. 1974b. Evolution of exine structure in the pollen of primitive angiosperms. Amer. Jour. Bot. 61: 891-902.
- WALKER, J. W.; KEMP, E. S. 1972. Preliminary studies of exine stratification in the the pollen of primitive angiosperm. Brittonia, 24:129-130.
- WALKER, J. W.; DOYLE, J. A. 1975. The bases of Angiosperm Phylogeny: Palynology. In: The bases of Angiosperm Phylogeny. DAVIDSE, G.; D'ARCY, W. G.; DWYER, J. D.; GOLDBLATT, P. (eds.). Ann. Missouri Bot. Gard., 62(3): 664-723.
- WALKER, J. W.; SKVARLA, J. J. 1975. Primitively Columellaless Pollen: a New Concept on the Evolutionary Morphology of Angiosperms. Science, 187: 445-447.
- WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. 2000. The genera of Leguminosae-Caesalpinioideae and Swartzieae: descriptions, identification, and information retrieval. In: English and French; French translation by E. Chenin. Disponível em <http://delta-intkey.com>. Acesso novembro de 2002.
- WODEHOUSE, R. P. 1935. Pollen Grains. Their structure, identification and significance in science and medicine. New York & London: McGraw-Hill. 574 p.

Capítulo 3

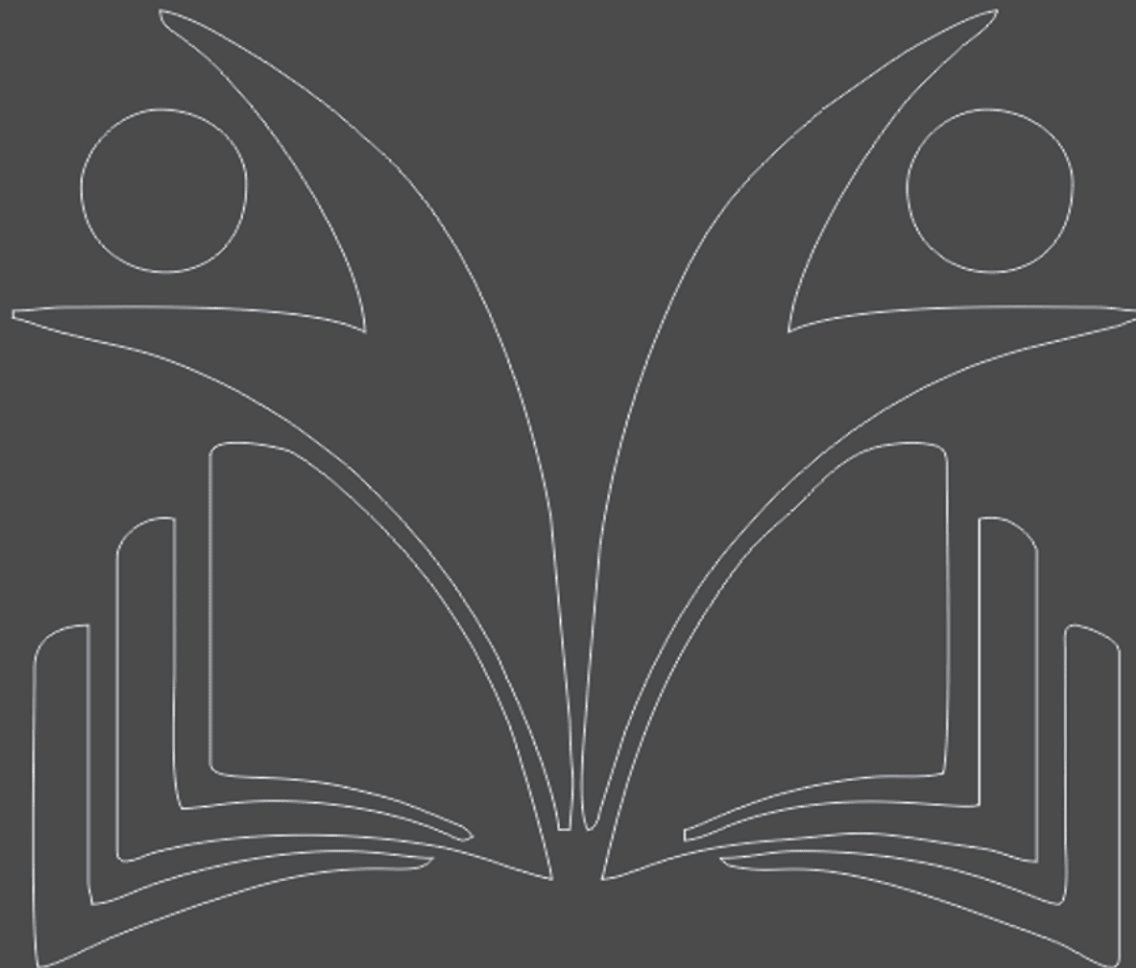


10.37423/230207205

COPAIFERA SPP. NATIVAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA: VARIABILIDADE QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DOS PRINCIPAIS TERPENÓIDES

Maria das Graças Bichara Zoghbi

Museu Emílio Goeldi



INTRODUÇÃO

De acordo com tratamento taxonômico recente, realizado por Martins-da-Silva et al. (2008), na Amazônia brasileira ocorrem nove espécies do gênero *Copaifera*: *C. duckei* Dwyer, *C. glycyarpa* Ducke, *C. guyanensis* Desf., *C. martii* Hayne, *C. multijuga* Hayne, *C. piresii* Ducke, *C. paupera* (Herzog) Dwyer, *C. piresii* Ducke, *C. pubiflora* Benth. e *C. reticulata* Ducke, das quais *C. duckei*, *C. martii*, *C. piresii* e *C. reticulata* são endêmicas do Brasil.

Algumas das espécies de *Copaifera* apresentam ampla distribuição em alguns estados brasileiros: no Pará, as espécies mais amplamente distribuídas são *C. martii* e *C. reticulata*; no Amazonas, *C. multijuga*; em Roraima *C. pubiflora* e, no Acre, *C. paupera* onde a mesma é de ocorrência restrita (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). *Copaifera duckei* foi encontrada desde o nordeste do Pará até o noroeste do Maranhão, *C. piresii* no sudoeste do Pará, noroeste de Mato Grosso e, a leste, oeste e centro-sul de Rondônia, enquanto *C. guyanensis*, na Amazônia brasileira, foi encontrada apenas no estado do Amazonas (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). No tronco das espécies de *Copaifera* é produzido um exsudado através de canais esquizógenos que é constituído por duas frações, uma fração rica em óleo essencial constituída, principalmente, por sesquiterpenos hidrocarbonetos e uma fração resinosa constituída por diterpenos ácidos, porém com predominância da primeira.

O principal uso do óleo de copaíba é na medicina tradicional, no tratamento de diversas doenças (CORRÊA, 1984; VAN DEN BERG, 1993; VIEIRA, 1992) o que tem motivado o estudo cada vez mais crescente da atividade farmacológica da oleorresina e dos principais compostos presentes nos mesmos. Outros usos são nas indústrias farmacêutica, cosmética e de alimentos e como matéria-prima para vernizes, lacas, tintas e papel, além do uso da madeira na indústria de compensados decorativos, na construção civil leve, para fabricação de embalagem, palitos e brinquedos (ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003). No Pará o uso madeireiro tem levado ao quase abandono da extração da oleoresina de copaíba em alguns municípios, dificultando o acesso a esse importante recurso vegetal. O objetivo desse trabalho foi reunir informações da literatura sobre a composição química das oleorresinas e óleos essenciais de *Copaifera* spp. que ocorrem na Amazônia brasileira, com foco na variabilidade química e atividade biológica dos principais constituintes presentes nos mesmos.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS OLEORRESINAS DE *COPAIFERA* SPP. OCORRENTES NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Os primeiros estudos dos constituintes voláteis do óleo de copaíba foram realizados por Freise em 1934 (GRAMOSA; SILVEIRA, 2005) que descreveu a obtenção de óleos essenciais a partir dos oleoresinas de *C. reticulata*, *C. guyanensis*, *C. multijuga*, *C. officinalis*, *C. martii*, *C. martii* var. *rigida*, *C. coriacea* e *C. glycyarpa* e, por Gottlieb em 1945, que identificou como principal constituinte o *isocariofileno* (50%) em amostra obtida do oleoresinade *Copaifera* sp. Outros sesquiterpenos (*cariofileno*, *copaeno*, β -*bisaboleno*) foram identificados no óleo de *C. langsdorfii* L. por Ferrari et al. (1971), além dos seguintes diterpenos: ácido poliáltico, ácido (-)-caur-16-en-19-óico, ácido (-)-16 β -cauran-19-óico e ácido eperu-8(20)-en-15,18-dióico.

De acordo com Felter e Lloyd (1898), o primeiro registro de um diterpeno isolado do óleo de copaíba ocorreu em 1829 por Schweitzer, que identificou uma substância cristalina que se depositou no óleo de copaíba e a qual deu o nome de ácido copaívico. Em 1841 Fehling identificou outro diterpeno, ácido oxicopaívico, em uma amostra de óleo de copaíba oriundo do estado do Pará e, em 1865, Strauss isolou o ácido metacopaívico de um óleo de copaíba de Maracaibo (FELTER; LLOYD, 1898).

De acordo com Veiga-Junior e Pinto (2002) e Leandro et al. (2012) já foram identificados mais de 80 sesquiterpenos nos oleoresinas e essenciais de *Copaifera* spp.: *allo-aromadendreno*, 4,5-di-*epi*-*aristolocheno*, *cis*- α -*bergamoteno*, *trans*- α -*bergamoteno*, β -*bergamoteno*, *biclogermacreno*, β -*bisaboleno*, (*Z*)- α -*bisaboleno*, (*Z*)- γ -*bisaboleno*, (*E*)- γ -*bisaboleno*, β -*bisabolol*, *epi*- β -*bisabolol*, β -*bourboneno*, α -*bulneseno*, *cadaleno*, *trans*-*cadina*-1(2),4-dieno, *trans*-*cadina*-1(6),4-dieno, α -*cadineno*, δ -*cadineno*, γ -*cadineno*, α -*cadinol*, *calameneno*, *calareno*, β -*cariofileno*, α -*cariofilenol*, *cedrol*, α -*cedreno*, β -*chamigreno*, *ciclossativeno*, *cipereno*, α -*copaeno*, β -*copaeno*, α -*cubebeno*, β -*cubebeno*, *cubenol*, *epi*-*cubenol*, *epi*-*cubebol*, *ar*-*curcumeno*, β -*curcumeno*, γ -*curcumeno*, 1,5-dimetil-8-isopropilciclo-deca-1,4-dien-8-ol, α -*elemeno*, β -*elemeno*, δ -*elemeno*, γ -*elemeno*, (*E*)- β -*farneseno*, (*Z*)- β -*farneseno*, (*E,E*)- α -*farneseno*, *fonenol*, *germacreno* A, *germacreno* B, *germacreno* D, *globulol*, α -*guaiano*, *trans*- β -*guaiano*, *cis*- β -*guaiano*, γ -*guaiano*, *guaia*-6,9-dieno, *guaiol*, α -*gurjuneno*, γ -*gurjuneno*, *himachaleno*, α -*humuleno*, β -*humuleno*, γ -*humuleno*, epóxido de *humuleno* II, α -*ilangeno*, *ledol*, *longiciclono*, *longifoleno*, *longipineno*, α -*multijugenol*, *tau*-*muurolol*, α -*muuroleno*, γ -*muuroleno*, *epi*- α -*muurolol*, óxido de *cariofileno*, *epi*- β -*santaleno*, α -*selineno*, β -*selineno*, 7-*epi*- α -*selineno*, β -*sesquifelandreno*, 7-*epi*-*sesquitujeno*, *sesquisabineno*, *valenceno*, β -*vetiveneno*, *viridifloreno* e *viridiflorol*.

Apesar do grande número de sesquiterpenos que ocorrem nos óleos de copaíba, nas espécies de *Copaifera* nativas da Amazônia brasileira, apenas sete (β -cariofileno, *trans*- α -bergamoteno, β -bisaboleno, óxido de cariofileno β -selineno, α -copaeno, δ -cadineno) têm sido detectados como componentes majoritários ($\geq 10\%$).

β -Cariofileno é o sesquiterpeno mais frequentemente encontrado nos óleos analisados, sendo o principal constituinte dos óleos de *C. duckei*, *C. glycyarpa*, *C. multijuga*, *C. pubiflora* e *C. reticulata* (trinta e dois espécimes) (CASCON; GILBERT, 2000; MAIA; ZOGHBI; ANDRADE, 2000; LAMEIRA et al., 2009; SANT'ANNA et al., 2007; VEIGA-JUNIOR et al., 2007; SOUZA et al., 2010; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011). β -Bisaboleno e *trans*- α -bergamoteno foram identificados como os principais constituintes dos óleos de *C. reticulata* nativas do Pará, enquanto β -cariofileno, β -selineno e β -bisaboleno foram majoritários nos óleos oriundos do Amapá (ZOGHBI et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI, 2011). α -Copaeno foi majoritário nos óleos de *C. martii* cujo óleo foi extraído de uma árvore nativa do município do Moju-PA, e de *C. paupera* (um espécime) e *C. piresii* (um espécime) (ZOGHBI; LAMEIRA; OLIVEIRA, 2007; ZOGHBI; MARTINS-DA-SILVA; TRIGO, 2009). Óxido de cariofileno é um sesquiterpeno de ocorrência natural nos óleos de copaíba, mas pode ter o seu teor aumentado através da oxidação do β -cariofileno (GRAMOSA; SILVEIRA, 2005; RAMOS, 2006).

A identificação desses sesquiterpenos foi realizada em amostras de oleoresinas esterificados ou puros e óleos essenciais obtidos dos oleoresinas ou de outros órgãos de *Copaifera* spp. Os diterpenos têm sido na sua maioria, identificados em amostras de oleoresinas previamente esterificados. A análise de óleos esterificados permite identificar os diterpenos ácidos presentes nos oleoresinas pela diminuição da retenção dos mesmos na fase estacionária, entretanto inviabiliza a identificação de ésteres diterpênicos, como os isolados de *C. paupera* por Tincusi et al. (2002).

Sesquiterpenos do tipo elemeno são amplamente distribuídos na natureza e são considerados oriundos de rearranjo de Cope dos correspondentes germacrenos ou germacronas (ADIO, 2009), ou artefatos térmicos formados durante procedimentos de extração, ou durante análise por cromatografia em fase gasosa (CG), na qual a temperatura do injetor varia usualmente de 180 a 250°C (SETZER, 2008; ADIO, 2009). De acordo com Setzer (2008), óleos essenciais analisados por CG contendo germacranos na sua composição química muitas vezes também contem os correspondentes produtos de rearranjo de Cope, existindo a possibilidade de um ou outro ser artefato devido à alta temperatura empregada nas destilações e nas análises cromatográficas.

Durante as análises cromatográficas, utilizando altas temperaturas durante a injeção das amostras, germacreno A é transformado em β -elemeno (FARALDOS; CHAPPELL; COATES, 2007), germacreno B

em γ -elemeno (TAKEDA et al., 1970) e germacreno C em δ -elemeno (COLBY et al., 1998; QUINTANA et al., 2003). Da mesma forma germacreno D, que é estável até 180°C, quando submetido a aquecimento a 240°C por várias horas rearranja para β -ilangeno, β -copaeno, isogermacreno D, ε -muuroleno e ε -amorfenos (KÖSTER; WOLF; KLUGE, 1986; BÜLOW; KÖNIG, 2000). De acordo com Matich, Rowan e Guenther (2008), germacreno D também pode ser transformado em elemanos (δ -elemeno, β -elemeno, γ -elemeno) durante procedimentos operacionais em cromatografia em fase gasosa nos quais a temperatura do injetor é de 240°C. Para Morikawa e Hirose (1969), óleos essenciais que não apresentam germacreno C, mas que possuem δ -elemeno na sua composição, deve-se ao fato do germacreno C, se presente na planta, ter sido convertido a δ -elemeno durante a hidrodestilação (100 °C) ou durante a análise cromatográfica (injetor entre 220-280 °C), uma vez que germacreno C é rapidamente transformado via rearranjo de Cope a δ -elemeno na temperatura de 100 °C (MORIKAWA; HIROSE, 1969).

Nos óleos de copaíba nativas da Amazônia, analisadas por CG com temperatura do injetor entre 180-240 °C, β -elemeno, γ -elemeno e δ -elemeno são detectados com bastante frequência, sendo mais rara a detecção de germacrenos. Nos óleos essenciais obtidos de folhas, caules e frutos de dois espécimes de *C. martii* nativa do Pará, germacreno D foi identificado apenas nas folhas e nos frutos (ZOGHBI; ANDRADE, comunicação pessoal). Resultado diferente foi obtido por Chen et al. (2009) ao analisar os extratos das folhas e dos caules de uma amostra de plântula e de uma árvore com dois anos de desenvolvimento de *C. officinalis*, onde o principal sesquiterpeno identificado foi o germacreno D, enquanto β -cariofileno foi o principal sesquiterpeno identificado na raiz. A concentração de sesquiterpenos nos caules foi menor do que nas folhas e na raiz, sugerindo, segundo os autores que o alto nível de sesquiterpenos nos caules de árvores maduras seja resultado de um longo período de acumulação, acompanhado pela formação de grandes estruturas especializadas para estocagem das oleorresinas.

Germacrenos são menos detectados com menor frequência nos óleos de copaíba: germacreno D foi detectado nos óleos de *C. reticulata* (HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011), enquanto em *C. multijuga*, *C. cearensis* e *C. reticulata* foi detectado a presença de germacreno D e germacreno B (VEIGA-JUNIOR et al., 2007). Germacreno B foi identificado nos óleos essenciais obtidos a partir das oleorresinas de *C. langsdorffii* o (GRAMOSA; SILVEIRA, 2005). Não foram detectados elemenos nos óleos de *C. paupera* e *C. piresii* (ZOGHBI; MARTINS-DA-SILVA; TRIGO, 2009), nos quais foi detectado germacreno A.

Quanto aos diterpenos os mais frequentemente encontrados nas oleorresinas *Copaifera* spp. pertencem as classes dos caurano, labdano e clerodano. Tem sido isolado principalmente diterpenos

ácidos dos óleos-resinas de *Copaifera* spp. a partir de amostras das oleorresinas previamente esterificadas e fracionadas por cromatografia em coluna, ou identificados por cromatografia em fase gasosa através dos seus ésteres metílicos. Na oleorresina de *C. paupera* obtido de uma árvore em Madre de Dios, província de Tambopata, Peru, o fracionamento cromatográfico de uma amostra da oleorresina bruto levou ao isolamento e identificação de vários diterpenos ácidos, ésteres diterpênicos e de um novo diterpeno, o pauperol (TINCUSI et al., 2002). Na Tabela 1 encontram-se relacionados os principais sesquiterpenos identificados na fração volátil dos óleos de espécies de *Copaifera* que ocorrem na Amazônia brasileira, enquanto os diterpenos encontram-se relacionados na Tabela 2.

VARIABILIDADE QUÍMICA DE *COPAIFERA* SPP. DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Embora até o momento os óleos de copaíba estudados referem-se na sua maioria à apenas um espécime, exceção para *C. reticulata*, variação química significativa tem sido observada por vários pesquisadores (CASCON; GILBERT, 2000; LAMEIRA et al., 2009; ZOGHBI et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011) e *C. martii* (ZOGHBI; LAMEIRA; OLIVEIRA, 2007). Nos óleos de *C. reticulata* extraídos de seis árvores nativas do Amapá, duas de Curionópolis e quatro de Mazagão, β -cariofileno e β -bisaboleno foram os sesquiterpenos identificados com teor mais elevado e com grande variação quantitativa (zero-68,0% e 3,7-42,4%, respectivamente) (HERRERO-JÁUREGUI, 2011; ZOGHBI et al., 2009).

A proporção sesquiterpeno/diterpeno também varia consideravelmente no gênero *Copaifera*: no óleo de uma árvore de *C. multijuga* procedente da Reserva Ducke, Manaus-AM, a relação sesquiterpeno/diterpeno (SANT'ANNA et al., 2007) foi compatível ao obtido por Cascon e Gilbert (2000) para o óleo de duas árvores de *C. multijuga*, também oriunda da Reserva Ducke, Manaus-AM. Quanto à *C. duckei* diferentes resultados tem sido observado: óleo metilado de *C. duckei* de Melgaço-PA e Parauapebas-PA apresentaram maior fração diterpênica (47,5% e 65,9%, respectivamente) (CASCON; GILBERT, 2000). Entretanto, não se tem observado variação qualitativa no que se relaciona ao principal constituinte volátil de *C. multijuga*, ususalmente rica em β -cariofileno, além de pouca variação quantitativa (42,9-60,3%) (CASCON; GILBERT, 2000; MAIA; ZOGHBI; ANDRADE, 2000; SANT'ANNA et al., 2007).

Tabela 1. Sesquiterpenos ($\geq 10\%$) identificados na fração volátil das oleorresinas de *Copaifera* spp. que ocorrem na Amazônia brasileira.

Espécies	Local	Material	Constituintes (%)	Refs.
<i>C. duckei</i>	Tucuruí-PA	OR	β -cariofileno (16,4), <i>trans</i> - α -bergamoteno (24,2), β -bisaboleno (20,0)	MAIA; ZOGHBI; ANDRADE, 2000
	Moju-PA	ORA	β -cariofileno (13,0-15,5), β -selineno (13,8-15,4), β -bisaboleno (15,7-17,6)	LAMEIRA et al., 2009
		ORB	β -cariofileno (25,1-50,2), β -bisaboleno (5,2-33,6)	
		ORC	β -cariofileno (50,1-61,8), β -bisaboleno (13,8-17,6)	
	Mazagão-AP	ORM	<i>trans</i> - α -bergamoteno (19,7), β -cariofileno (17,7), β -selineno (14,8)	CASCON; GILBERT, 2000
<i>C. glycyarpa</i>	Xingu-MT	OR	β -cariofileno (18,5)	SOUZA et al., 2010
<i>C. guyanensis</i>	Amapá	ORM	óxido de cariofileno (19,1)	CASCON; GILBERT, 2000
<i>C. martii</i>	Moju-PA	OE	α -copaeno (36,4-51,2), δ -cadineno (13,7-17,3)	ZOGHBI; LAMEIRA; OLIVEIRA, 2007
<i>C. multijuga</i>	Manaus-AM	OR	β -cariofileno (55,4)	MAIA; ZOGHBI; ANDRADE, 2000
	Manaus-AM	ORM	β -cariofileno (60,2)	SANT'ANNA et al., 2007
	Manaus-AM	ORM	β -cariofileno (42,9-60,3)	CASCON; GILBERT, 2000

	Manaus-AM	ORM	β -cariofileno (57,5)	VEIGA-JUNIOR et al., 2007
<i>C. paupera</i>	Xapuri-AC	OR	α -copaeno (42,5)	ZOGHBI; MARTINS-DA-SILVA; TRIGO, 2009
<i>C. paupera</i>	Madre de Dios, PERU		β -bisaboleno; ácido 3-metil-5-(2,2,6-trimetil-6-hidróxi-ciclohexil) pentanóico	TINCUSI et al., 2002
<i>C. piresii</i>	Machadinho D'Oeste-RO	OR	α -copaeno (45,5)	ZOGHBI; MARTINS-DA-SILVA; TRIGO, 2009
<i>C. pubiflora</i>	Boa Vista-RR	OR	β -cariofileno (65,9)	ZOGHBI; MARTINS-DA-SILVA; TRIGO, 2009
<i>C. reticulata</i>	Tucuruí-PA	OR	β -cariofileno (40,3)	MAIA; ZOGHBI; ANDRADE, 2000
	Almeirim-PA	OR	<i>trans</i> - α -bergamoteno (29,2), β -bisaboleno (28,5)	ZOGHBI et al., 2009
	Curionópolis-AP	OR	β -cariofileno (7,1-19,5), <i>trans</i> - α -bergamoteno (8,1-15,1), β -bisaboleno (18,2-42,4), óxido de cariofileno (10,3-15,2)	
	Belterra-PA	OR	<i>trans</i> - α -bergamoteno (11,8-29,6), β -bisaboleno (18,4-37,3)	
	Mazagão-AP	OR	β -cariofileno (27,8-68,0), β -selineno (0,2-20,6), β -bisaboleno (3,7-16,8)	
	Belterra-PA	OR	β -cariofileno (zero-62,6), <i>trans</i> - α -bergamoteno (12,0-31,8), β -selineno (zero-	HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011

		17,4), β -bisabolenos (24,2-50,3)	
Belém-PA	ORM	β -cariofileno (40,9)	VEIGA-JUNIOR et al., 2007

OE = óleo essencial, OR = oleorresina, ORM = oleorresina metilado, ORA = oleorresina da Amostra A, ORB = oleorresina da Amostra B, ORC = oleorresina da Amostra C.

Tabela 2. Diterpenos isolados das oleorresinas de *Copaifera* spp. que ocorrem na Amazônia brasileira.

Espécie	Diterpeno	Refs.
<i>C. duckei</i>	ácido cauranóico	CARVALHO et al., 2005
	ácido caurenóico	CASCON; GILBERT, 2000; CARVALHO et al., 2005
	ácido copálico	CASCON; GILBERT, 2000
	ácido eperu-8(20)-15,18-dióico	TINCUSI et al., 2002
	ácido hardwickiico	CASCON; GILBERT, 2000; MAISTRO et al., 2005
	ácido poliáltico	CASCON; GILBERT, 2000; MAISTRO et al., 2005
<i>C. glycyarpa</i>	ácido caurenóico	SOUZA et al., 2010
	ácido poliáltico	
<i>C. guyanensis</i>	ácido cauranóico	CASCON; GILBERT, 2000
	ácido caurenóico	
	ácido copálico	
	ácido hardwickiico	
	ácido poliáltico	
	ácido eperu-8(20)-15,18-dióico	TINCUSI et al., 2002
<i>C. multijuga</i>	ácido agático	VEIGA-JUNIOR et al., 2007; SANT'ANNA et al., 2007
	ácido colavênico	SANT'ANNA et al., 2007
	ácido copaiférico	DELLE MONACHE et al., 1969
	ácido copaiferólico	
	ácido copálico	CASCON; GILBERT, 2000; SANT'ANNA et al., 2007; VEIGA-JUNIOR et al., 2007
	ácido 3-acetoxicopálico	CASCON; GILBERT, 2000; SANT'ANNA et al., 2007; VEIGA-JUNIOR et al., 2007
	ácido 3-hidroxicopálico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007; SANT'ANNA et al., 2007
	ácido 11-hidroxicopálico	DELLE MONACHE et al., 1971
	ácido eperúico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007

	ácido eperu-8(20)-15,18-diólico	TINCUSI et al., 2002
	ácido hardwíckiico	DELLE MONACHE et al., 1969
	ácido 7-hidroxihardwíckiico	
	ácido pinifólico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007
<i>C. paupera</i>	ácido cauranólico	TINCUSI et al., 2002
	ácido caurênico	
	ácido copálico	
	ácido poliáltico	
	ácido pinifólico	
	14,15-dinor-labd-8(17)-en-13-ona	
	Pauperol	
<i>C. reticulata</i>	ácido agático	VEIGA-JUNIOR et al., 2007
	ácido catéquico	GOMES et al., 2007
	ácido catívico	
	caureno	VEIGA-JUNIOR et al., 2007
	ácido caurenólico	
	ácido clorechínico	
	ácido colavênico	
	ácido copálico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007; GOMES et al., 2007
	ácido 3-acetoxicopálico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007
	ácido eperúico	GOMES et al., 2007
	ácido hardwíckiico	VEIGA-JUNIOR et al., 2007; GOMES et al., 2007

ATIVIDADE BIOLÓGICA DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS DE *COPAIFERA* SPP. DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

SESQUITERPENOS

Os sesquiterpenos são os principais constituintes dos óleos de copaíba, podendo representar mais de 90% da sua composição e responsáveis por importantes atividades biológicas dos mesmos. β -Cariofileno, amplamente distribuído em vegetais (KNUDSEN; TOLLSTEN; BERGSTROM, 1993; KUBO et al., 1996) e um dos principais sesquiterpenos encontrados nos óleos de copaíba é dotado de várias atividades farmacológicas, tais como, antiinflamatória (MARTIN et al., 1993; TAMBE et al., 1996; TUNG et al., 2008; CHAVAN; WAKTE; SHINDE, 2010; FERNANDES et al., 2007), anticarcinogênica (KUBO et al., 1996; ZHENG; KENNEY; LAM, 1992; SILVA; FIGUEIREDO; YANO, 2007; DI SOTTO et al., 2010; LEGAULT; PICHETTE, 2007), anti-espasmódica (CABO et al., 1986; LEONHARDT et al., 2010), citoproteção gástrica (TAMBE et al., 1996) além de forte ação anestésica local (GHELARDINI et al., 2001). β -Cariofileno também foi estudado quanto à sua atividade inseticida (RODILLA et al., 2008; OMOLO et al., 2004), antimicrobiana (GOREN et al., 2011; CHENG et al., 2004) e antiviral (ASTANI; REICHLING; SCHNITZLER, 2011).

Óxido de cariofileno apresentou ação antifúngica a fungos dermatófitos (YANG et al., 1999), antiagregante plaquetária (LIN et al., 2003), e moderada atividade citotóxica (SIBANDA et al., 2004; KUBO et al., 1996). α -Humuleno é um potente antiinflamatório (FERNANDES et al., 2007) e assim como o isômero *iso*-cariofileno apresenta atividade anticancerígena (SYLVESTRE et al., 2005; SYLVESTRE et al., 2006; LEGAULT; PICHETTE, 2007). α -Humuleno apresentou potencial de utilização para o tratamento da asma e doenças relacionadas com processos inflamatórios provocados por alergias (ROGÉRIO et al., 2009). Óxido de α -cariofileno (óxido de humuleno) apresentou forte atividade antimalárica (THEBTARANONTH et al., 1995) e anti-inflamatória (SHIMIZU et al., 1990). Takei, Umeyama e Arihara (2006) demonstraram a ação imunomodulatória dos sesquiterpenos T-cadinol e calameneno. Nascimento et al. (2007) demonstrou o efeito sinérgico do β -bisaboleno ao antibiótico ampicilina resistente a *Staphylococcus aureus*.

β -Elemeno é um sesquiterpeno que tem apresentado resultados promissores para o tratamento da leucemia (ZOU; LIU; YU, 2001), câncer de pulmão (WANG et al., 2005), de ovário (LI et al., 2005), da laringe (TAO et al., 2006), gástrico (LIU et al., 2011), da próstata (LI et al., 2010) e do cérebro (ZHAO et al., 2011).

Sesquiterpenos que usualmente são detectados nos óleos de copaíba em teor menos elevado, tais como α -cadinol e δ -cadineno, também apresentam importantes atividades farmacológicas: α -cadinol apresentou atividade citotóxica contra linhagem de célula humana de carcinoma de pulmão (A-549) e adenocarcinoma de cólon (DLD-1), antitermítica e antifúngica (SYLVESTRE et al., 2006; CHENG et al., 2004), enquanto δ -cadineno inibiu o crescimento da bactéria *Streptococcus mutans*, uma das bactérias responsáveis por cáries e *Propionibacterium acnes* responsável por acne (KUBO; MUROI; HIMEJIMA, 1992).

Deus, Alves e Arruda (2011) demonstraram que o óleo essencial obtido a partir da oleorresina de *C. multijuga* nativa do município de Santarém-PA, contendo 57,29% de β -cariofileno além de óxido de cariofileno (10,34%), α -humuleno (9,11%), *trans*- α -bergamoteno (5,31%) e α -copaeno (3,29%) foi mais efetivo do que a oleorresina contra os fungos filamentosos *Candida parapsilosis* e *Aspergillus flavus*.

DITERPENOS

Os diterpenos, principais constituintes da fração resinosa do óleo de copaíba, mais frequentemente isolados das oleorresinas de *Copaifera* spp. (*C. ceaensis*, *C. duckei*, *C. guyanensis*, *C. langsdorffii*, *C. multijuga*, *C. reticulata*) são ácido copálico, ácido poliáltico, ácido hardwickiico, ácido caurenóico, ácido 3-hidroxi-copálico, ácido 3-acetóxi-copálico e ácido *ent*-agático.

Várias atividades farmacológicas do óleo de copaíba têm sido atribuídas à presença desses diterpenos: ácido copálico apresentou atividade antimicrobiana a *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* (TINCUSI et al., 2002), *Streptococcus salivarius*, *S. sobrinus*, *S. mutans*, *S. mitis*, *S. sanguinis* e *Lactobacillus casei*, responsáveis por cáries dentárias (SOUZA et al., 2011a), além de significativa atividade antimicrobiana contra a bactéria Gram-negativa *Porphyromonas gingivalis* responsável por periodontites, para a qual os ácidos acetoxicopálico, hidroxicopálico e agático, todos isolados de *C. langsdorffii*, também apresentaram atividade (SOUZA et al., 2011b).

Os ácidos (-)-3 β -acetoxilabdan-8(17)-13-dien-15-óico e ácido alepteróico [ácido (-)-3 β -hidroxilabdan-8(17)-13-dien-15-óico], isolados do óleo de *C. reticulata*, apresentaram atividade larvicida a *Aedes aegypti* (GERIS et al., 2008).

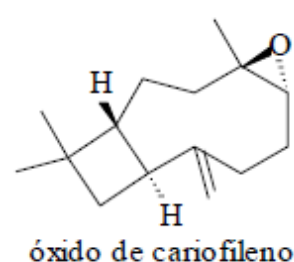
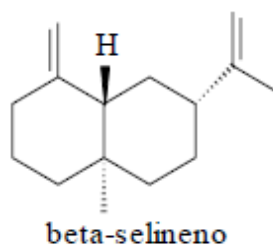
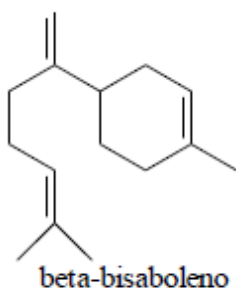
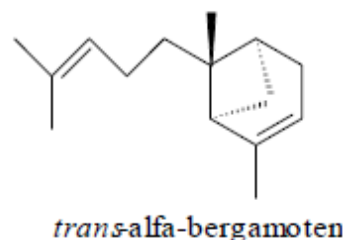
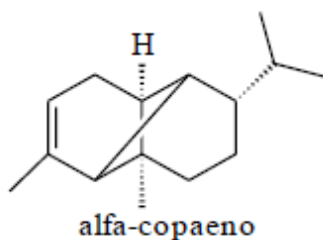
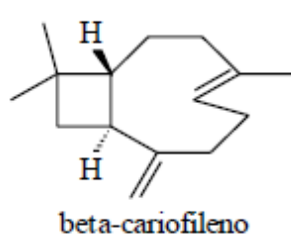
Várias atividades biológicas do ácido caurenóico ou ácido *ent*-caur-16en-19-óico já foram descritas, como agente citotóxico (ALVES et al., 1995; COSTA-LOTUFO et al., 2002; ZHANG et al., 2004), tripanossomicida (ALVES et al., 1995; GHISALBERTI, 1997), larvicida (SLIMESTRAD et al., 1995), antimicrobiana (GHISALBERTI, 1997; PADMAJA et al., 1995; VELIKOVA et al., 2000; WILKINS et al., 2002; ZGODA-POLS et al., 2002; TINCUSI et al., 2002; COTORAS; FOLCH; MENDOZA, 2004), vermífuga,

esporicida (PADMAJA et al., 1995), analgésica (BLOCK et al., 1998), contraceptiva (PAGE et al., 1992), relaxante da musculatura lisa vascular aórtica de ratos (TIRAPELLI et al., 2004), antiinflamatória (PAIVA et al., 2002), moluscicida (GHISALBERTI, 1997) e anti-espasmódica e relaxante muscular (CUNHA et al., 2003), vasorelaxante, embriotóxica e citotóxica (COSTA-LOTUFO et al., 2002) e anti-inflamatória e protetora de colite induzida por ácido acético (PAIVA et al., 2004). Embora o ácido caurenóico tenha se mostrado ativo *in vitro* contra formas tripomastigotas de *Trypanosoma cruzi*, apresentou também ação lítica sobre os eritrócitos, limitando assim essa atividade (VIEIRA et al., 2002).

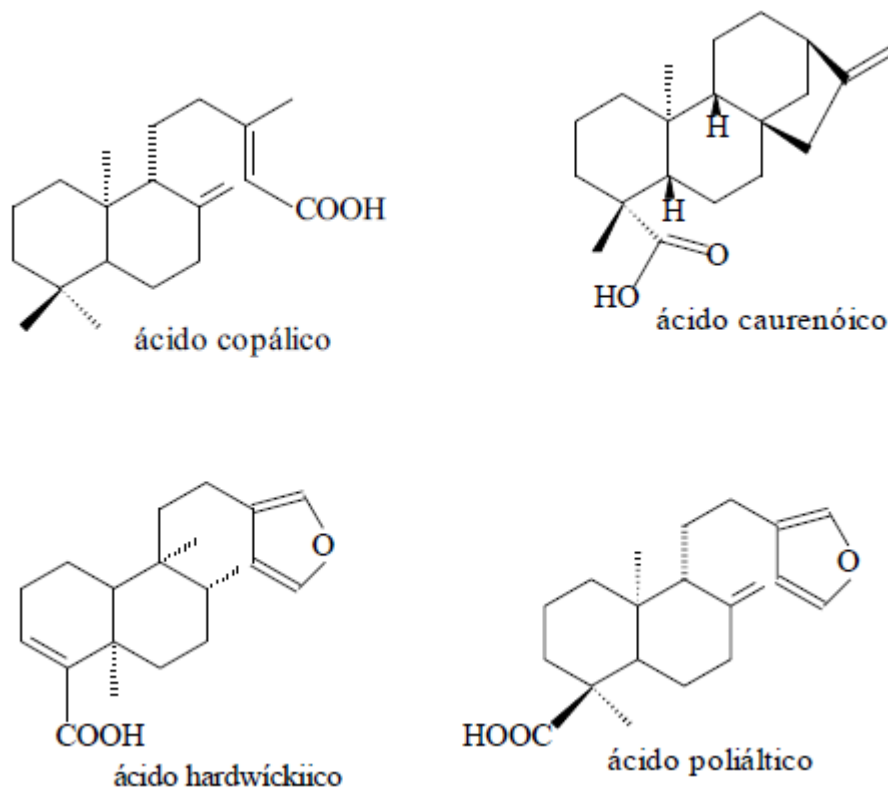
A inibição da replicação do vírus HIV em linfócitos pelo ácido *ent*-16 α ,17- diidroxicauran-19-óico foi demonstrada por Chang et al. (1998). O ácido 3 α - hidroxicaurenóico apresentou atividade fungitóxica contra *Botrytis cinerea*, um fitopatógeno (VIEIRA et al., 2002) e o ácido 3 β -hidroxicaurenóico, atividade antimicrobiana (COTORAS; FOLCH; MENDOZA, 2004).

Dois diterpenos labdânicos, ácido (-)-3 β -hidroxilabd-8(17)-13-dien-15-óico e 3- β - acetoxilabd-8(17)-13-dien-15-óico, isolados da oleorresina de *C. reticulata* foram ativos contra larvas de *Aedes aegypti* (GERIS et al., 2008; VALOTTO et al., 2011). O diterpenóide colavenol mostrou potente atividade antitumor contra IMC carcinoma (murine tumor) in mice (OHSAKI et al., 1994). O ácido agático apresentou importante atividade arbotifaciente (GARDNER; PANTER; STEGELMEIER, 2010).

Estruturas dos principais sesquiterpenos identificados nos óleos de *Copaifera* spp. que ocorrem na Amazônia brasileira.



Estruturas dos principais diterpenos isolados dos óleos de *Copaifera* spp. que ocorrem na Amazônia brasileira.



CONCLUSÃO

Apesar do avanço nos estudos sobre a composição química e atividade biológica das espécies do gênero *Copaifera*, os dados obtidos ainda são insuficientes para o completo entendimento da composição química da oleorresina de copaíba.

A grande variabilidade química observada para os óleos de copaíba aponta para a necessidade de mais estudos populacionais com esse enfoque.

Os sesquiterpenos hidrocarbonetos são os principais constituintes da oleorresina de copaíba e são responsáveis pela sua atividade antiinflamatória, principalmente devido à presença do β -bisaboleno e β -cariofileno e podem ser mais efetivos do que a oleorresina no controle de alguns fungos filamentosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIO, A.M. Germacrenes A–E and related compounds: thermal, photochemical and acid induced transannular cyclizations. *Tetrahedron*, v.65, p.1533-1552, 2009.
- ALVES, T.M.; CHAVES, P.P.; SANTOS, L.M.; NAGEM, T.J.; MURTA, S.M.; CERAVOLO, I.P.; ROMANHA, A.J.; ZANI, C.L. A diterpene from *Mikania obtusata* active on *Trypanosoma cruzi*. *Planta Medica*, v.61, p.85-87, 1995.
- ASTANI, A.; REICHLING, J.; SCHNITZLER, P. Screening for antiviral activities of isolated compounds from essential oils. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, v. 2011, p.1-8, 2011.
- BLOCK, L.C.; SANTOS, A.R.S.; SOUZA, M.M.; SCHEIDT, C.; YUNES, R.A.; SANTOS, M.A.; MONACHE, F.; CECHINEL, V. Chemical and pharmacological examination of anti-conceptive constituents of *Wedelia paludosa*. *Journal of Ethnopharmacology*, v.61, p.85-89, 1998.
- BÜLLOW, N.; KÖNIG, W.A. The role of germacrene D as precursor in sesquiterpene biosynthesis: investigations of acid catalyzed, photochemically and thermally induced rearrangements. *Phytochemistry*, v.55, p.141-168, 2000.
- CABO, J.; CRESPO, M.E.; JIMENEZ, J.; ZARZULEO, A. The spasmolytic activity of various aromatic plants from the province of Granada. I - The activity of the major components of their essential oils. *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, v.20, p.213-218, 1986.
- CARVALHO, J.C.T.; CASCON, V.; POSSEBON, L.S.; MORIMOTO, M.S.S.; CARDOSO, L.G.V.; KAPLAN, M.A.C.; GILBERT, B. Topical anti-inflammatory and analgesic activities of *Copaifera duckei* Dwyer. *Phytotherapy Research*, v.19, p.946-950, 2005.
- CASCON, V.; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guyanensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. *Phytochemistry*, v.5, p.773-778, 2000.
- CHANG, F.R.; YANG, P.Y.; LIN, J.Y.; LEE, K.H.; WU, Y.C. Bioactive kaurane diterpenoids from *Annona glabra*. *Journal of Natural Products*, v.61, p.437-439, 1998.
- CHAVAN, M.J.; WAKTE, P.S.; SHINDE, D.B. Analgesic and anti-inflammatory activity of caryophyllene oxide from *Annona squamosa* L. bark. *Phytochemistry*, v.17, p.149-151, 2010.
- CHEN, F.; AL-AHMAD, H.; JOYCE, B.; ZHAO, N.; KÖLLNER, T.G.; DEGENHARDT, J.; STEWART-JR., C.N. Within-plant distribution and emission of sesquiterpenes from *Copaifera officinalis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.47, p.1017-1023, 2009.
- CHENG, S.S.; WU, C.L.; CHANG, H.T.; KAO, Y.T.; CHANG, S.T. Antitermitic and antifungal activities of essential oil of *Calocedrus formosana* leaf and its composition. *Journal of Chemical Ecology*, v.30, p.1957-1967, 2004.
- COLBY, S.M.; CROCK, J.; DOWDLE-RIZZO, B.; LEMAUX, P.G.; CROTEAU, R. Germacrene C synthase from *Lycopersicon esculentum* cv. VFNT cherry tomato: cDNA isolation, characterization, and bacterial expression of the multiple product sesquiterpene cyclase. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, v.95, p.2216–2221, 1998.

CORRÊA, M.P. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1984.

COSTA-LOTUFO, L.V.; CUNHA, G.M.A.; FARIAS, P.A.M.; VIANA, G.S.B.; CUNHA, K.M.A.; PESSOA, C.; MORAES, M.O.; SILVEIRA, E.R.; GRAMOSA, N.V.; RAO, V.S.N. The cytotoxic and embriotoxy effects of kaurenoic acid, a diterpene isolated from *Copaifera langsdorffii* oleo-resin. *Toxicon*, v.40, p.1231-1234, 2002.

COTORAS, M.; FOLCH, C.; MENDOZA, L. Characterization of the antifungal activity on *Botrytis cinerea* of the natural diterpenoids kaurenoic acid and 3 β -hydroxy-kaurenoic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52, p.2821-2826, 2004.

CUNHA, K.M.A.; PAIVA, L.A.; SANTOS, F.A.; GRAMOSA, N.V.; SILVEIRA, E.R.; RAO, V.S. Smooth muscle relaxant effect of kaurenoic acid, a diterpene from *Copaifera langsdorffii* on the rat uterus in vitro. *Phytotherapy Research*, v.17, p.320-324, 2003.

DELLE MONACHE, F.; CORIO, E.; D'ALBUQUERQUE, I.L.; MARINI-BETTOLO, G.B. Diterpenes from *Copaifera multijuga* Hayne. Note 1. *Annali Chimica*, v.59, p.539-551, 1969.

DELLE MONACHE, G.; D'ALBUQUERQUE, I.L.; DELLE MONACHE, F.; MARINI BETTÒLO, G.B.; NANO, G.M. α -Multijugenol, a new sesquiterpenic alcohol with caryophyllane carbon skeleton. *Tetrahedron Letters*, v.8, p.659-660, 1971.

DEUS, R.J.A.; ALVES, C.N.; ARRUDA, M.S.P. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Revista de Plantas Medicinais*, v.13, p.1-7, 2011.

DI SOTTO, A.; MAZZANI, G.; CARBONE, F.; HRELIA, P.; MAFFEI, F. Inhibition by β -caryophyllene of ethyl methanesulfonate-induced clastogenicity in cultured human lymphocytes. *Mutation Research*, v.699, p.23-28, 2010.

ENRÍQUEZ, G.; SILVA, M.A.; CABRAL, E. Biodiversidade da Amazônia: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará. Belém: NUMA/UFPA, 2003.

FARALDOS, J.A.; WU, S.; CHAPPELL, J.; COATES, R.M. Conformational analysis of (+)-germacrene A by variable temperature NMR and NOE spectroscopy. *Tetrahedron*, v.63, p. 7733-7742, 2007.

FELTER, H.W.; LLOYD, J.U. King's American Dispensatory: Copaíba (U.S.P.)-Copaiba, 1898. Disponível em <http://www.havaris.ca/info/023/1/2/199.htm>. Acesso em 04/04/2012)

FERNANDES, E.S.; PASSOS, G.F.; MEDEIROS, R.; CUNHA, F.M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M.M.; PIANOWSKI, L.F.; CALIXTO, J.B. Anti-inflammatory effects of compounds α -humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. *European Journal of Pharmacology*, v.569, p.228-236, 2007.

FERRARI, M.; PAGNONI, U.M.; PELIZZONI, F.; LUKES, V.; FERRARI, G. Leguminosae. Terpenoids from *Copaifera langsdorffii*. *Phytochemistry*, v. 10, p. 905-907, 1971.

GARDNER, D.R.; PANTER, K.A.; STEGELMEIER, B.L. Implication of agathic acid from Utah juniper bar as an abortifacient compound in cattle. *Journal of Applied Toxicology*, v. 30, p.115-119, 2010.

GERIS, R.; SILVA, I.G.; SILVA, H.H.G.; BARISON, A.; RODRIGUES-FILHO, E.; FERREIRA, A.G. Diterpenoids from *Copaifera reticulata* Ducke with larvicidal activity against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera, Culicidae). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.50, p.25-28, 2008. GHELARDINI, C.; GALEOTTI, N.; DI CESARE MANNELLI, M.; MAZZANTI, G.; BARTOLINI, A. Local anaesthetic activity of beta-caryophyllene. *Farmaco*, v.56, p.387-389, 2001. GHISALBERTI, E. The biological activity of naturally occurring kaurane diterpenes. *Fitoterapia*, v.68, p.303-325, 1997.

GOMES, N.M.; REZENDE, C.M.; FONTES, S.P.; MATHEUS, M.E.; FERNANDES, P.D. Antinociceptive activity of Amazonian *Copaiba* oils. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 109, p.486-492, 2007. GOREN, A.C.; PIOZZI, F.; AKCICEK, E.; KILIÇ, T.; ÇRIKÇI, S.; MOZIOGLU, E.; SETZER, W.N. Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (mountain tea) and their biological activities. *Phytochemistry Letters*, v.4, p.448-453, 2011.

GRAMOSA, N.V.; SILVEIRA, E.R. Volatile constituents of *Copaifera langsdorffii* from the Brazilian Northeast. *Journal of Essential Oil Research*, v.17, p.130-132, 2005.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; CASADO, M.A.; ZOGHBI, M.G.B.; MARTINS-DA-SILVA, R.C. Chemical variability of *Copaifera reticulata* Ducke oleoresin. *Chemistry and Biodiversity*, v.8, p.674-685, 2011.

KNUDSEN, J.T.; TOLLSTEN, L.; BERGSTROM, L.G. Floral scents - checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry*, v.33, p.253-280, 1993.

KÖSTER, F.-H.; WOLF, H.; KLUGE, H. Stereoisomere ϵ -Diene der Cadalan-Reihe: Synthese und Konfigurationskorrelation. *Liebigs Annalen der Chemie*, p.78-92, 1986.

KUBO, I.; CHAUDHURI, S.K.; KUBO, Y.; SANCHEZ, Y.; OGURA, T.; SAITO, T.; ISHIKAWA, H.; HARAGUCHI, H. Cytotoxic and antioxidative sesquiterpenoids from *Heterotheca inuloides*. *Planta Medica*, v.62, p.427-430, 1996.

KUBO, I.; MUROI, H.; HIMEJIMA, M. Antimicrobial activity of green tea flavor components and their combination effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 40, p. 245–248, 1992.

LAMEIRA, O.A.; MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; ZOGHBI, M.G.B.; OLIVEIRA, E.C.P. Seasonal variation in the volatiles of *Copaifera duckei* Dwyer growing wild in the State of Pará - Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, v.21, p.105-107, 2009.

LEANDRO, L.M.; VARGAS, F.S.; BARBOSA, P.C.S.; NEVES, J.K.O.; SILVA, J.A.; VEIGA-JUNIOR, V.F. Chemistry and biological activities of terpenoids from *copaiba* (*Copaifera* spp.) oleoresins. *Molecules*, v.17, p.3866-3889, 2012.

LEGAULT, J.; PICHETTE, A. Potentiating effect of β -caryophyllene on anticancer activity of α -humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v.59, p.1643-1647, 2007.

LEONHARDT, V.; LEAL-CARDOSO, J.H.; LAHLOU, S.; ALBUQUERQUE, A.A.; PORTO, R.S.; CELEDÔNIO, N.R.; OLIVEIRA, A.C.; PEREIRA, R.F. SILVA, L.P.; GARCIA-TEÓFILO, T.M.; SILVA, A.P.; MAGALHÃES, P.J.; DUARTE, G.P.; COELHO-DE-SOUZA, A.N. Antispasmodic effects of essential oil of *Pterodon polygalaeflorus* and its main constituent β -caryophyllene on rat isolated ileum. *Fundamental and Clinical Pharmacology*, v.24, p.749-758, 2010.

- LI, X.; WANG, G.; ZHAO, J.; DING, H.; CUNNINGHAM, C.; CHEN, F.; FLYNN, D.C.; REED, E.; LI, Q.Q. Antiproliferative effect of β -elemene in chemoresistant ovarian carcinoma cells is mediated through arrest of the cell cycle at the G2-M phase. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v.62, p.894-904, 2005.
- LI, Q.Q.; WANG, G.; HUANG, F.; BANDA, M.; REED, E. Antineoplastic effect of β -elemene on prostate cancer cells and other types of solid tumour cells. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v.62, p.1018-1027, 2010.
- LIN, W.Y.; KUO, Y.H.; CHANG, Y.L.; TENG, C.M.; WANG, E.C.; ISHIKAWA, T. Anti-platelet aggregation and chemical constituents from the rhizome of *Gynura japonica*. *Planta Medica*, v.69, p.757-764, 2003.
- LIU, J.; ZHANG, Y.; QU, J.; XU, L.; HOU, K.; ZHANG, J.; QU, X.; LIU, Y. β -Elemene-induced autophagy protects human gastric cancer cells from undergoing apoptosis. *BMC Cancer*, v.11, p.183, 2011.
- MAIA, J.G.S.; ZOGHBI, M.G.B.; ANDRADE, E.H.A. Plantas aromáticas na Amazônia e seus óleos essenciais. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2000. p.72-74.
- MAISTRO, E.L.; CARVALHO, J.C.T.; CASCON, V.; KAPLAN, M.A.C. In vivo evaluation of the mutagenic potential and phytochemical characterization of oleoresin from *Copaifera duckei* Dwyer. *Genetics and Molecular Biology*, v.28, p.833-838, 2005.
- MATICH, A.J.; ROWAN, D.D.; GUENTHER, C. Deceit and deception in volatile analysis. *Chemistry in New Zealand*, p.88-91, 2008.
- MARTIN, S.; PADILLA, E.; ICETE, M.A.; GALVEZ, J.; JIMENEZ, J.; ZARZNELO, Z. Anti-inflammatory activity of the essential oil of *Bupleurum fruiticescens*. *Planta Medica*, v. 59, p.533-536, 1993.
- MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; PEREIRA, J.F.; LIMA, H.C. O gênero *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. *Rodriguésia*, v.59, p.455-476, 2008.
- MORIKAWA, K.; HIROSE, Y. Germacrene C, precursor of δ -elemene. *Tetrahedron Letters*, p.1799-1801, 1969.
- OHSAKI, A.; YAN, L.T.; ITO, S.; EDATSUGI, H.; IWATA, D.; KOMODA, Y. The isolation and in vivo potent antitumour activity of clerodane diterpenoid from the oleoresin of the Brazilian medicinal plant, *Copaifera langsdorffii* Desfon. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, v.4, p.2889-2892, 1994.
- NASCIMENTO, A.M.; BRANDÃO, M.G.; OLIVEIRA, G.B.; FORTES, J.C.; CHARTONE-SOUZA, E. Synergistic bactericidal activity of *Eremanthus erythropappus* oil or β -bisabolene with ampicillin against *Staphylococcus aureus*. *Biomedical and Life Sciences*, v.92, p.95-100, 2007.
- OMOLO, M.O.; OKINYO, D.; NDIEGE, I.O.; LWANDE, W.L.; HASSANALI, A. Repellency of essential oils of some Kenyan plants agents *Anopheles gambiae*. *Phytochemistry*, v.65, p.2797-2802, 2004.
- PADMAJA, V.; THANKAMANY, V.; HARA, N.; FUJIMOTO, Y.; HISHAM, A. Biological activities of *Annona glabra*. *Journal of Ethnopharmacology*, v.48, p.21-24, 1995.
- PAGE, J.E.; BALZA, F.; NISHIDA, T.; NEIL TOWERS, G.H. Biologically active diterpenes from *Aspilia mossambicensis*, a chimpanzee medicinal plant. *Phytochemistry*, v.31, p.3437-3439, 1992.

PAIVA, L.A.F.; GURGEL, L.A.; SILVA, R.M.; TOMÉ, A.R.; GRAMOSA, N.V.; SILVEIRA, E.R.; SANTOS, F.A.; RAO, V.S.N. Anti-inflammatory effect of kaurenoic acid, a diterpene from *Copaifera langsdorffii* on acetic acid-induced colitis in rats. *Vascular Pharmacology*, v.39, p.303-307, 2002.

PAIVA, L.A.F.; GURGEL, L.A.; SOUZA, E.T.; SILVEIRA, E.R.; SILVA, R.M.; SANTOS, F.A.; RAO, V.S.N. Protective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin against acetic acid-induced colitis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v.93, p.51-56, 2004.

QUINTANA, A.; REINHARD, J.; FAURE, R.; UVA, P.; BAGNÈRES, A.G.; MASSIOT, G.; CLÉMENT, J.L. Interspecific variation in terpenoid composition of defensive secretions of European *Reticulitermes* termites. *Journal of Chemical Ecology*, v.29, p.639-52, 2003.

RAMOS, M.F.S. Desenvolvimento de microcápsulas contendo a fração volátil de copaíba por spray-drying: estudo de estabilidade e avaliação farmacológica. 2006. 132f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RODILLA, J.M.; TINOCO, M.T.; MORAIS, J.C.; GIMENEZ, C.; CABRERA, R.; MARTÍN-BENITO, D.; CASTILLO, L.; GONZALEZ-COLOMA, A. *Laurus novocanariensis* essential oil: seasonal variation and valorization. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 36, p.167-176, 2008.

ROGÉRIO, A.P.; ANDRADE, E.L.; LEITE, D.F.P.; FIGUEIREDO, C.P.; CALIXTO, J.B. Preventive and therapeutic anti-inflammatory properties of the sesquiterpene α -humulene in experimental airways allergic inflammation. *British Journal of Pharmacology*, v.158, p. 1074-1087, 2009.

SANT'ANNA, B.M.P.; FONTES, S.P.; PINTO, A.C.; REZENDE, C.M. Characterization of woody odorant contributors in copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne). *Journal of Brazilian Chemical Society*, v.18, p.984-989, 2007.

SETZER, W.N. Ab initio analysis of the Cope rearrangement of germacrene sesquiterpenoids. *Journal of Molecular Modeling*, v.14, p.335-342, 2008. SHIMIZU, M.; SHOGAWA, H.; MATSUZAWA, T.; YONEZAWA, S.; HAYASHI, T.; ARISAWA, M. Anti-inflammatory constituents of topically applied crude drugs. IV. Constituents and anti-inflammatory effect of Paraguayan crude drug "alhucema" (*Lavandula latifolia* Vill.). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, v.38, p.2283-2284, 1990.

SIBANDA, S.; CHIGWADA, G.; POOLE, M.; GWEBU, E.T.; NOLETTO, J.A.; SCHMIDT, J.M. Composition and bioactivity of the leaf essential oil of *Heteropyxis dehnii* from Zimbabwe. *Journal of Ethnopharmacology*, v.92, p.107-111, 2004.

SILVA, S.L.; FIGUEIREDO, P.M.S.; YANO, T. Chemotherapeutic potential of the volatile oils from *Zanthoxylum rhoifolium* Lam leaves. *European Journal of Pharmacology*, v.576, p.180-188, 2007.

SLIMESTRAD, R.; MARSTON, A.; MAVI, S.; HOSTETTMANN, K. Larvicidal constituents of *Melantheria albinervia*. *Planta Medica*, v.61, p.562-563, 1995.

SOUZA, P.A.; RANGEL, L.P.; OIGMAN, S.S.; ELIAS, M.M.; FERREIRA-PEREIRA, A.; LUCAS, N.C.; LEITÃO, G.G. Isolation of two bioactive diterpenic acids from *Copaifera glycyarpa* oleoresin by high-speed counter-current chromatography. *Phytochemical Analysis*, v.21, p.539-543, 2010.

SOUZA, A.B.; SOUZA, M.G.M.; MOREIRA, M.A.; MOREIRA, M.R.; FURTADO, N.A.J.C.; MARTINS, C.H.G.; BASTOS, J.K.; SANTOS, R.A.; HELENO, V.C.G.; AMBROSIO, S.R. Antimicrobial evaluation of diterpenes from *Copaifera langsdorffii* oleoresin against periodontal anaerobic bacteria. *Molecules*, v.16, p.9611-9619, 2011a.

SOUZA, A.B.; MARTINS, C.H.G.; SOUZA, M.G.M.; FURTADO, N.A.J.C.; HELENO, V.C.G.; SOUSA, J.P.B.; ROCHA, E.M.P.; BASTOS, J.K.; CUNHA, W.R.; VENEZIANI, R.C.S. Antimicrobial activity of terpenoids from *Copaifera langsdorffii* Desf. against cariogenic bacteria. *Phytotherapy Research*, v.25, p.215-220, 2011b.

SYLVESTRE, M.; LEGAULT, J.; DUFOUR, D.; PICHETTE, A. Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L. *Phytomedicine*, v.12, p.299-304, 2005.

SYLVESTRE, M.; PICHETTE, A.; LONGTIN, A.; NAGAU, F.; LEGAULT, J. Essential oil analysis and anticancer activity of leaf essential oil of *Croton flavens* L. from Guadeloupe. *Journal of Ethnopharmacology*, v.103, p.99-102, 2006.

TAKEDA, K.; TORI, K.; HORIBE, I.; OHTSURU, M.; MINATO, H. Cope rearrangement of some germacrane-type furan sesquiterpenes. Part II. Relationship between conformations of carbocyclic ten-membered rings in germacrane-type furan sesquiterpenes and the stereochemistry of their Cope rearrangement products. *Journal of the Chemical Society (C)*, p.2697-2703, 1970.

TAKEI, M.; UMEYAMA, A.; ARIHARA, S. T-cadinol and calamenene induce dendritic cells from human monocytes and drive Th1 polarization. *European Journal of Pharmacology*, v.537, p.190-199, 2006.

TAMBE, Y.; TSUJIUCHI, H.; HONDA, G.; IKESHIRO, Y.; TANAKA, S. Gastric cytoprotection of the non-steroidal anti-inflammatory sesquiterpene, β -caryophyllene. *Planta Medica*, v.62, p.469-470, 1996.

TAO, L.; ZHOU, L.; ZHENG, L.; YAO, M. Elemene displays anti-cancer ability on laryngeal cancer cells in vitro and in vivo. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, v.58, p.24-34, 2006.

THEBTARANONTH, C.; THEBTARANONTH, Y.; WANAUPPATHAMKUL, S.; YUTHAVONG, Y. Antimalarial sesquiterpenes from tubers of *Cyperus rotundus*: structure of 10,12-peroxycalamenene, a sesquiterpene endoperoxide. *Phytochemistry*, v.40, p.125-128, 1995.

TINCUSI, B.M.; JIMÉNEZ, I.A.; BAZZOCCHI, I.L.; MOUJIR, L.M.; MAMANI, Z.A.; BARROSO, J.P.; RAVELO, A.G.; HÉRNANDEZ, B.V. Antimicrobial terpenoids from the oleoresin of the peruvian medicinal plant *Copaifera paupera*. *Planta Medica*, v.68, p.808-812, 2002.

TIRAPELLI, C.R.; AMBROSIO, S.R.; COSTA, F.B.; COUTINHO, S.T.; OLIVEIRA, D.C.R.; OLIVEIRA, A.M. Analysis of the mechanisms underlying the vasorelaxant action of kaurenoic acid in the isolated rat aorta. *European Journal of Pharmacology*, v.492, p.233-241, 2004.

TUNG, Y.T.; CHUA, M.T.; WANG, S.Y.; CHANG, S.T. Anti-inflammation activities of essential oil and its constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) twigs. *Bioresource Technology*, v.99, p.3908-3913, 2008.

VALOTTO, C.F.B.; SILVA, H.H.G.; CAVASIN, G.; GERIS, R.; RODRIGUES-FILHO, E.; SILVA, I.G. Alterações ultraestruturais em larvas de *Aedes aegypti* submetidas ao diterpeno labdano, isolado de *Copaifera reticulata* (Leguminosae), e à uma fração rica em taninos de *Magonia pubescens* (Sapindaceae). *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v.44, p.194-200, 2011.

VAN DEN BERG, M.E. Plantas Medicinais na Amazônia: contribuição ao seu conhecimento sistemático. Belém: MPEG, 1993.

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

VEIGA-JUNIOR, V.F.; ROSAS, E.C.; CARVALHO, M.V.; HENRIQUES, MG.M.O.; PINTO, A.C. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne – A comparative study. *Journal of Ethnopharmacology*, v.112, p.248-254, 2007.

VELIKOVA, M.; BANKOVA, V.; TSVETKOVA, I.; KUJUMGIEV, A.; MARCUCCI, M.C. Antibacterial ent-kaurene from Brazilian propolis of native stingless bees. *Fitoterapia*, v.71, p.693-696, 2000.

VIEIRA, L.S. Fitoterapia da Amazônia. 2aEd. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1992. 347p.

VIEIRA, H.S.; TAKAHASHI, J.A.; OLIVEIRA, A.B.; CHIARIC, E.; BOAVENTURA, M.A.D. Novel derivatives of kaurenoic acid: preparation and evaluation of their Trypanocidal Activity. *J. Braz. Chem. Soc.*, v.13, p.151-157, 2002. YANG, D.; MICHEL, L.; CHAUMONT, J.P.; MILLET-CLERC, J. Use of caryophyllene oxide as an antifungal agent in an in vitro experimental model of onychomycosis. *Mycopathologia*, v.148, p.79-82, 1999.

WANG, G.; LI, X.; HUANG, F.; ZHAO, J.; DING, H.; CUNNINGHAM, C.; COAD, J.E.; FLYNN, D.C.; REED, E.; LI, Q.Q. Antitumor effect of β -elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v.62, p.881-893, 2005.

WILKINS, M.; ALARCÓN, C.; URZÚA, A.; MENDOZA, L. Characterization of the bactericidal activity of the natural diterpene kaurenoic acid. *Planta Medica*, v.68, p.452-454, 2002.

ZGODA-POLS, J.R.; FREYER, A.J.; KILLMER, L.B.; PORTER, J.R. Antimicrobial diterpenes from the stem bark of *Mitrephora celebica*. *Fitoterapia*, v.73, p.434-438, 2002.

ZHANG, Y.H.; PENG, H.Y.; XIA, G.H.; WANG, M.Y.; HAN, Y. Anticancer effect of two diterpenoid compounds isolated from *Annona glabra* Linn. *Acta Pharmacol Sin.*, v.25, p. 937-942, 2004.

ZHAO, Y.S.; ZHU, T.Z.; CHEN, Y.W.; YAO, Y.Q.; WU, C.M.; WEI, Z.Q.; WANG, W.; XU, Y.H. β -Elemene inhibits Hsp90/Raf-1 molecular complex inducing apoptosis of glioblastoma cells. *Journal of Neuro-Oncology*, v.107, p.307-314, 2011.

ZHENG, G.Q.; KENNEY, P.M.; LAM, L.K. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*) as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Natural Products*, v.55, p. 999-1003, 1992.

ZOGHBI, M.G.B.; LAMEIRA, O.A.; OLIVEIRA, E.C.P. Seasonal variation of oleoresin and volatiles from *Copaifera martii* Hayne growing wild in the State of Pará, Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, v.19, p.504-506, 2007.

ZOGHBI, M.G.B.; ANDRADE, E.H.A.; MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; TRIGO, J.R. Chemical variation in the volatiles of *Copaifera reticulata* Ducke growing wild in the States of Pará and Amapá, Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, v.21, p.501-503, 2009.

ZOGHBI, M.G.B.; MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; TRIGO, J.R. Volatiles of *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer, *C. piresii* Dwyer and *C. pubiflora* Benth. (Leguminosae). *Journal of Essential Oil Research*, v.21, p.403-404, 2009.

ZOU, L.; LIU, W.; YU, L. β -Elemene induces apoptosis of K562 leukemia cells. *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi*, v.23, p.196–198, 2001.

Capítulo 4



10.37423/230207206

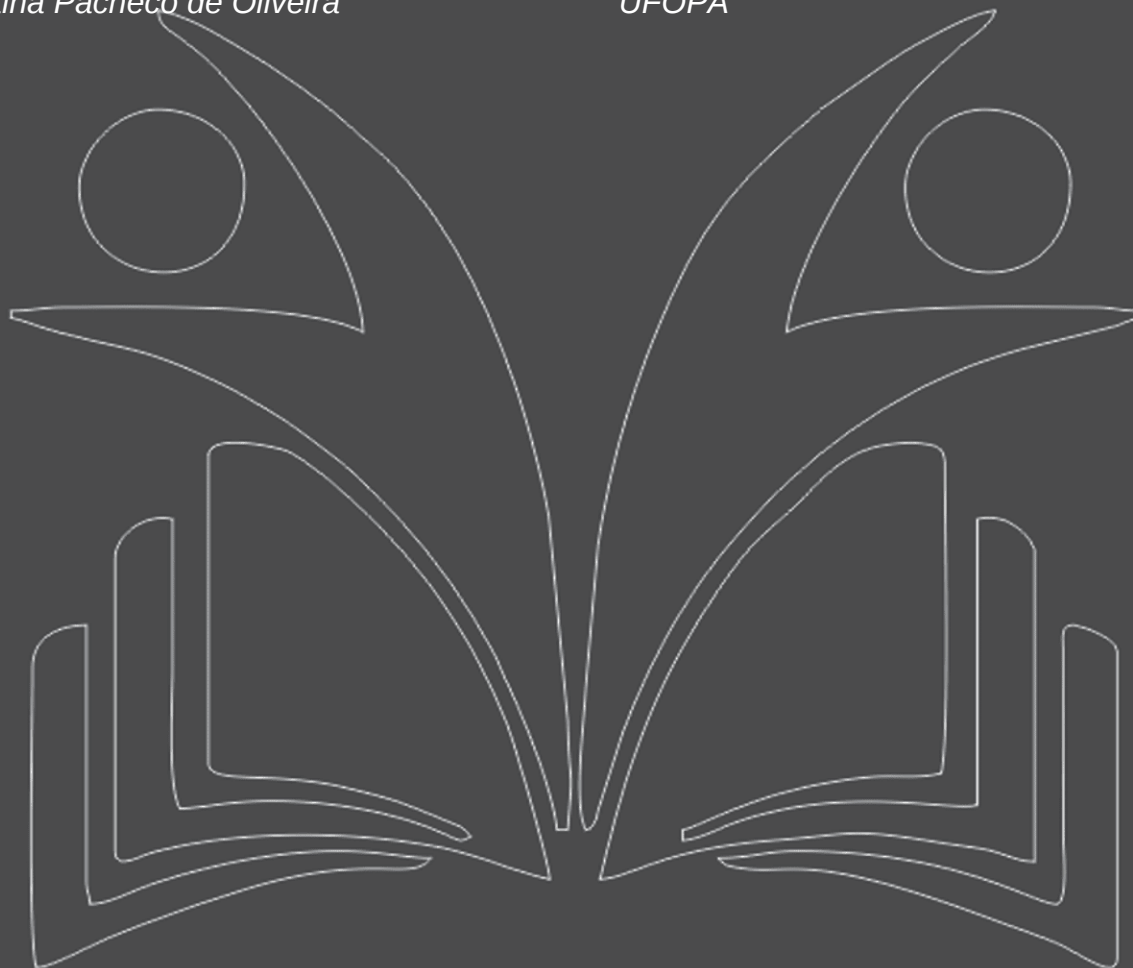
PRODUÇÃO DA OLEORRESINA DE COPAÍBA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE

Osmar Alves Lameira

Embrapa Amazônia Oriental

Elaine Cristina Pacheco de Oliveira

UFOPA



As árvores popularmente chamadas de copaíba, pertencentes ao gênero *Copaifera*, são nativas de regiões tropicais da América Latina e também da África Ocidental. Na América Latina são encontradas espécies em regiões que se estendem desde o México até ao norte da Argentina (VEIGA JÚNIOR et al., 2005).

Em uma classificação mais moderna da família Leguminosae, há uma divisão em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (ou Faboideae). Através desta classificação, o gênero *Copaifera* pertence à família Leguminosae Juss, sub-família Caesalpinioideae Kunth. Segundo o sistema de classificação de Cronquist, o gênero *Copaifera* pertence à família Caesalpiniaceae. A classificação deste gênero apenas como Fabaceae também é encontrada em alguns livros (VEIGA JÚNIOR et al., 2002).

Muitos botânicos e cronistas, em épocas de início de colonização, estiveram percorrendo diversas regiões do mundo no intuito de descreverem espécies do gênero *Copaifera*. Trabalhos mais recentes sobre descrição das espécies do gênero foram realizados por Cascon (2004). De acordo com a última edição do Index Kewensis, o gênero *Copaifera* possui 72 espécies identificadas, sendo que pelo menos oito destas só são encontradas no Brasil (VEIGA JÚNIOR et al., 2002).

No que se referem à identificação botânica, vários aspectos morfológicos das flores, folhas e frutos dificultam a identificação das várias espécies de copaíbas. Segundo características das flores, como pubescência das sépalas, comprimento das anteras e a condição glabrosa ou não do pistilo são alguns fatores que atrasam o processo de identificação botânica das espécies do gênero *Copaifera*. No geral as árvores deste gênero apresentam crescimento lento, alcançando de 25 a 40 metros de altura e podendo viver até 400 anos. O caule da planta é áspero, de cor escura, possuindo o diâmetro médio variando de 0,4 a 4 metros. As folhas da copaíba são alternadas, pecioladas e ovóides, sendo envolvidas por um arilo abundante e colorido. As flores são pequenas, hermafroditas, apétalas e dispostas em panículos axilares. Os frutos são do tipo vagem, geralmente monospermico (VEIGA JÚNIOR et al., 2005).

Nas regiões de maior pressão antrópica, as florestas naturais vêm sendo exploradas e transformadas em fragmentos dispersos e reduzidos, em decorrência da expansão da agropecuária, extração de madeira e desenvolvimento urbano. Nesse processo, espécies de alto valor econômico e ecológico vêm sofrendo erosão genética, em decorrência da redução das populações e os gargalos populacionais criados representam sério risco de perda da diversidade genética e da viabilidade dessas espécies em seu próprio habitat. Dentre essas, uma árvore da Amazônia de grande porte podendo alcançar até 40

metros de altura (Figura 1), a copaíba, chama às vezes a atenção daquele que tem a oportunidade de entrar na mata ou de subir algum igarapé.



Figura 1. Árvore de copaibeira (*Copaifera martii* Hayne). Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

Autor: Osmar Alves Lameira

No geral, as árvores de copaíba, apresentam no interior de seu tronco um óleo ou bálsamo. Popularmente conhecido como óleo de copaíba, a designação correta é oleorresina, por ser um exsudato de ácidos resinosos e com compostos voláteis. O termo bálsamo de copaíba também é erroneamente adotado, uma vez que não contém derivados de ácido benzóico ou cinâmico. Em todas as espécies do gênero os canais secretores da oleorresina acham-se na região cortical dos caules, prolongando-se até o lenho, onde existem em grande abundância, às vezes formando bolsas. Estes canais são formados pela dilatação de espaços intercelulares (meatos) que se intercomunicam no meristema, chamados de canais esquizógenos (MARCATI et al., 2001; OLIVEIRA & LAMEIRA, 2006). Segundo Veiga Junior et al. (2005), o óleo é produto da desintoxicação do organismo vegetal e funciona como defesa da planta contra animais, fungos e bactérias.

No século XIX e começo do século XX, químicos orgânicos começaram a estudar o que era conhecido como compostos finais do metabolismo, sem função, mas importantes como medicamentos, venenos,

aromatizantes e materiais industriais. Archibold (1995) afirmou que a defesa química das plantas é fornecida por diversos compostos do metabolismo secundário por serem tóxicos aos herbívoros. Atualmente, sabe-se que a variedade das substâncias do metabolismo secundário tem como origem a filogenia das plantas em co-evolução metabólica com microorganismos parasitas e, especialmente, com herbívoros, além de agirem como atrativos de animais polinizadores e dispersores de sementes, além de agentes na competição planta-planta (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Correa (1984) caracteriza a oleorresina de *Copaifera* como proveniente da decomposição das paredes das células no interior do tronco da árvore. Este óleo se acumula internamente em cavidades, formando bolsas no interior do seu tronco. A oleorresina de copaíba é um líquido transpaarente, consistente, de diferentes cores conforme a espécie, variando de amarelo claro ao marrom, sabor amargo, odor aromático insolúvel em água e parcialmente solúvel em álcool. É constituído por uma parte resinosa (55 a 60%) e por uma parte volátil (40 a 45%) que é formada por óleos essenciais.

A formação natural do óleo da copaibeira ocorre na fase adulta, quando o cerne da árvore perde a circulação da seiva e parte de suas células se decompõe gerando o óleo, que se acumula em cavidades no tronco (REVILLA, 2001). Para que a extração do óleo ocorra de forma sustentada, o processo deve obedecer a alguns cuidados quanto à forma da coleta e ao estabelecimento de limites para o volume a ser coletado, caso contrário a planta poderá morrer em alguns anos, já que o óleo funciona como defesa da planta. Os canais de uma zona não tem comunicação com outras e, por isso, os extrativistas retiram o óleo de diversos pontos, até o centro do caule, destruindo a árvore ou tornando-a incapaz de produzir o óleo durante muitos anos (CORREA, 1984).

Estruturas secretoras, classificadas como canais secretores, parecem ser as responsáveis por produzir, armazenar e secretar oleorresina das *Copaíbas* (MARCATI, et al., 2001). Os canais secretores são caracterizados como estruturas alongadas longitudinalmente, de localização profunda nos órgãos vegetais, constituídos de um epitélio secretor que delimita um lúmen. A secreção é produzida nas células do epitélio e enviada para o lúmen, onde fica armazenada (FAHN & EVERT, 1974). No entanto, além dos canais, cavidades secretoras (estruturas semelhantes aos canais, mas com lúmen isodiamétrico) também foram observadas em plântulas e indivíduos jovens (em estrutura primária) da espécie *Copaifera langsdorffii* em trabalhos realizados por (RODRIGUES, 2008).

Canais e cavidades secretoras podem ser originados por dissolução de células (processo lisígeno) ou por sua separação (processo esquizógeno). No processo lisígeno, células parcialmente desintegradas aparecem ao longo da periferia do lúmen; no processo esquizógeno o lúmen é geralmente delimitado

por células intactas (ESAU, 1974). Há ainda o processo esquizo-lisígeno em que a estrutura inicia sua formação esquizogenamente, mas, durante o desenvolvimento, as células do epitélio secretor sofrem autólise, após a ampliação do lúmen (TURNER et al., 1998).

Considerando a riqueza de espécies da família Leguminosae, estruturas secretoras, em geral, têm sido pouco estudadas. A ocorrência de canais (lúmen alongado) e cavidades (lúmen isodiamétrico) secretoras foi registrada em espécies de *Acosmium* (ALVES; CASTRO, 2002) de *Caesalpinia sensu* Bentham, de *Copaifera* (ALENCAR, 1982; RODRIGUES, 2008), dentre outras. Tais estruturas são relatadas para todos os órgãos vegetais, em especial os aéreos, originam-se de células da protoderme ou do meristema fundamental e a formação do lúmen é geralmente esquizógena, mas pode ocorrer lisogenia e as células epiteliais secretoras apresentam paredes finas e pecto-celulósicas, citoplasma denso, núcleo evidente e central, e grande densidade citoplasmática (TEIXEIRA et al., 2000).

São vários métodos relatados para retirada do óleo de copaíba. Antigamente, obtinha-se o óleo através de cortes de machado no tronco (Figura 2), o que inutilizava a árvore (LÊ CONTE, 1927). A incisão em “V”, colocando-se abaixo vasos apropriados para receber o óleo, à semelhança da extração de borracha e o chamado método do arrocho, que consiste em selar o tronco, abaixo das incisões, com embiras de cipó e coletar o óleo da árvore até seu esgotamento, provocando sua morte, são métodos há muito tempo abandonados. A retirada por meio de bomba de sucção também é descrita, porém pouco difundida (MATTA, 1913).



Figura 2 – Extração da oleorresina de copaíba pelo uso do machado

Autor: Google

A única prática de coleta não agressiva é aquela realizada através de uma incisão com o trado a cerca de 1 m de altura do tronco (ALENCAR, 1982). Terminada a coleta, o orifício é vedado com argila ou pedaço de madeira para impedir a infestação da árvore por fungos ou cupins. Entretanto, Lameira (2005) e Lameira et al. (2005) desenvolveram um processo mais eficiente através de uma incisão com o trado a cerca de 1 a 1,5 m de altura do tronco da árvore introduzindo nos orifícios logo após a perfuração do tronco um tubo PVC de 10 cm de comprimento contendo na extremidade uma rosca, em seguida a oleorresina é coletado em um recipiente plástico (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D e 3E), permitindo que outras coletas possam ser realizadas sem haver a necessidade de nova perfuração.

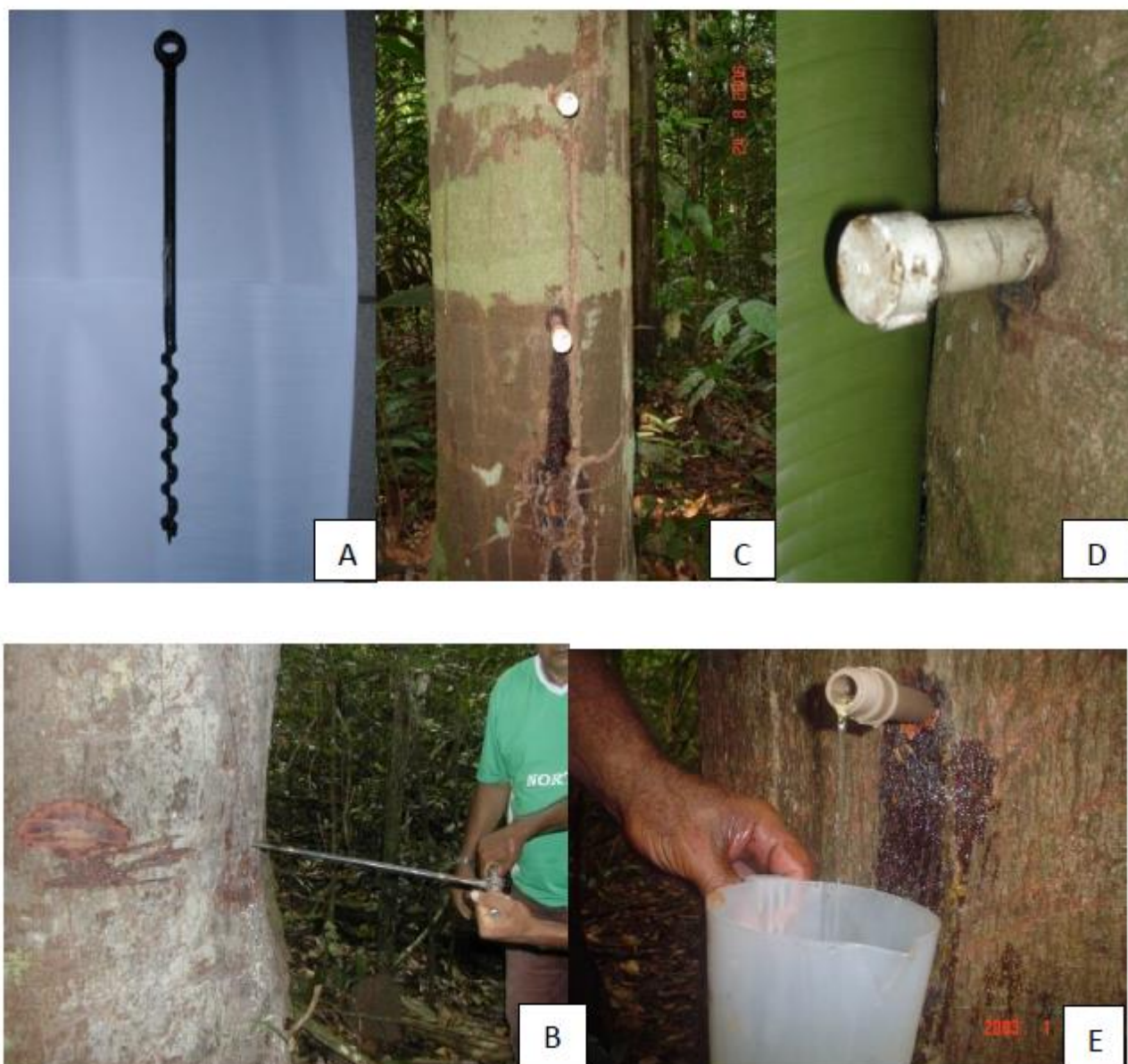


Figura 3. Processo utilizado na extração do oleoresina de copaíba. Trado tradicional (A); Árvore sendo perfurada (B); Orifícios (C); Cano PVC (D) e Coleta do óleo (E).

Autor: Osmar Alves Lameira.

Um dos aspectos interessantes da copaíba é o procedimento da retirada da oleorresina utilizado pelos indígenas e ainda observado no interior do Brasil. Muitos destes procedimentos são considerados místicos pela ciência hoje, embora tenham sido adquiridos pelos indígenas através da experimentação empírica durante milhares de anos. Vários cronistas, que estiveram na América Latina em regiões tão diferentes como a bacia Amazônica e do Prata, e o Nordeste brasileiro, relatam a utilização das mesmas técnicas dos índios separados por milhares de quilômetros.

Segundo o príncipe Maximiliano (MAXIMILIANO, 1958), que esteve na região do Espírito Santo no início do século XIX, “é crença geral que a incisão deva ser feita em lua cheia e o óleo colhido no quarto minguante”. João Ferreira Rosa, em seu Tratado Único da Constituição Pestilencial, de 1964, relatava: “Neste pau, nas noites de lua cheia, quando os frutos estão maduros, se faz golpes até a medula, correr óleo em grande quantidade”.

Ainda hoje os mesmos procedimentos são seguidos pelos silvícolas, alguns deles, com muito misticismo. Afirmam que quando o machado atinge o cerne, a árvore dá um longo suspiro e o óleo começa a correr. Para a retirada do óleo, segundo estes, a árvore não deve ser olhada diretamente para a copa, sob pena da árvore secar e o óleo voltar para a terra (Figura 4). A ascendência do óleo da terra é comumente relatada pelos mateiros do norte do país, embora não encontrada na literatura. Segundo algum deles, sob a influência da lua cheia de agosto, o óleo sobe da terra para a árvore e esta é a época mais indicada para a retirada do óleo. Vários relatos confirmam este período de coleta (GRIEVE, 1995).



Figura 4. Retirando o óleo drenado pela árvore

Autor: Google

Na primeira extração, a quantidade da oleorresina extraído varia bastante a produção anual por árvore podendo chegar, segundo alguns autores, a 50 litros/árvore (MATTA, 1913; GRIEVE, 1995), apesar de nem todas as espécies serem capazes de produzir essa quantidade (PIO CORRÊA, 1931). A média de retirada de óleo, por vez para cada árvore, varia de 0,3 a 3 litros, dependendo da espécie e condições às quais está submetida, e algumas árvores podem chegar a fornecer até 30 litros em uma só retirada. Não há, porém, estudos definitivos sobre o tempo necessário para uma copaibeira recompor o óleo extraído. Sabe-se também que não se extrai óleo de todas as árvores de copaíba, mas não existem estudos precisos da média de árvores efetivamente fornecedoras de óleo, o que pode variar de acordo com as características do solo, clima, espécie da *Copaifera* e época seca ou chuvosa (RIGAMONTE AZEVEDO et al., 2004).

Avaliações realizadas no início do século passado indicam diferenças na produção entre as diversas espécies de copaíba (PIO CORRÊA, 1931), sendo *C. reticulata* a espécie considerada de maior potencial produtivo, em comparação com *C. martii* Hayne. Atualmente, considera-se que a produção média varia de 0,3 a 3L árvore⁻¹ podendo ser esperado ocasionalmente indivíduos com produção da ordem de 30 L árvore⁻¹ para uma coleta, sem haver informações, entretanto, do tempo para que novas coletas possam ser refeitas em uma mesma árvore.

O óleo *in natura* de copaíba apresenta certa variedade nos seus componentes, cuja variação parece ser mais sensível a fatores abióticos (insetos e fungos) do que a luminosidade e nutrientes. A exploração do óleo apresenta algumas características originárias de seu manejo e coleta. Esta caracteriza as possibilidades de suas aplicações industriais e farmacêuticas e, portanto, estabelecer o seu padrão de qualidade para o mercado. A principal delas refere-se a eventual mistura dos óleos de espécies botânicas variadas, ou ainda de espécimes de idades e locais distintos (OLIVEIRA & LAMEIRA, 2006). Como a *Copaifera* sp. não é cultivada e a oleorresina comercial é obtido a partir de diversas árvores de diferentes espécies, fica mais difícil saber a espécie de *Copaifera* sp., fornecedora de cada frasco da oleorresina e as diferenças entre a oleorresina de uma espécie e outra (BASILE, 1988)

Na produção da oleorresina de copaíba as características genéticas, condições edáficas e épocas de coleta são consideradas como fontes de variação na produção deste produto (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004). A oleorresina extraído por perfuração do tronco é um líquido viscoso, amarelo claro ou vermelho escuro, segundo a espécie da árvore produtora. Tem cheiro forte, bem característico, e um sabor acre e persistente, sua densidade oscila entre 0,90 e 0,95 (é mais leve que a água). Suas outras características físico-químicas variam sensivelmente conforme a origem (CASCON, 2004).

No processo de extração não é considerada a época mais apropriada do ano. Normalmente, o coletor extrai em qualquer época não levando em consideração fatores climáticos como a precipitação pluviométrica, que na região amazônica está diretamente relacionada com a produção das espécies (LAMEIRA, et., al, 2005).

Em algumas espécies cultivadas na região como na cultura do dendê a produção de óleo está diretamente relacionada com o período de chuvas, ocorrendo maior produção na época mais chuvosa (MORAES & BASTOS, 1972). Segundo os mesmos autores a presença de substâncias químicas em uma determinada espécie pode estar atrelada a sua sazonalidade, variando conforme o ambiente, principalmente, aqueles ligados a fatores climáticos. Nas espécies de *Copaifera* essa relação deve existir, podendo a concentração das substâncias, variar, ou não em função da temperatura, radiação solar e precipitação pluviométrica, dentre outros.

Sabe-se que a variabilidade química das plantas é enorme, já que as rotas biossintéticas responsáveis pela produção de metabólitos secundários no vegetal são sensíveis á diversos fatores, como variações climáticas, fatores ambientais, e especialmente interação com insetos e predadores. O conhecimento das variações químicas é de grande importância para a qualidade e o preparo das espécies medicinais de interesse terapêutico e/ou industrial, sendo útil para a extração e isolamento de princípios ativos desejados ou para a determinação da interrupção da colheita em épocas de produção de metabólitos tóxicos.

Na Amazônia, há várias Instituições atuando junto a comunidades extrativistas para implementar a produção da oleorresina de copaíba em sistemas de manejo de uso múltiplo, no entanto, questões relativas à produtividade e a relação espécie ou tipo-produção ainda permanecem com muitas variações. A produção da oleorresina de copaíba é muito variável e apesar de haver estudos sobre o efeito de características físicas do solo, tamanho da árvore (DAP) e época do ano sobre a produção da oleorresina da copaíba (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; OLIVEIRA & LAMEIRA, 2006), ainda não se tem uma conclusão definitiva que oriente o manejo da espécie.

De acordo com SEBRAE (1998), em testes de produção do óleo de copaíba, foi verificada a máxima produção de 3,5 litros de óleo por planta, porém este volume varia conforme a espécie, o tipo de solo, a disponibilidade de água, a época do ano e a herança genética. Em trabalhos realizados por Barbosa et al. (2009), os quais avaliaram a produção da oleorresina de *Copaifera multijuga* Hayne, nos dois períodos climáticos amazônicos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Tupé, Amazonas, o rendimento do óleo não apresentou diferença significativa em função da sazonalidade.

Em estudo da influência da sazonalidade na produção de óleo de copaíba, Ferreira & Braz (1999), encontraram uma proporção de 40% de árvores produtivas no período chuvoso e de 72% no período seco. Já Rigamonte-Azevedo (2004), encontrou uma proporção de 29% no período seco e 40% no período chuvoso de copaibeira produtivas em Xapuri e Tarauacá, respectivamente, no Estado do Acre. Segundo Oliveira et al. (2006), em estudo realizado no município de Moju, Pará, a maior produção de óleo de *Copaifera multijuga* ocorreu no período de menor precipitação pluviométrica, na época menos chuvosa do ano. Trabalhos conduzidos por Ferreira & Braz (1999) na floresta do Antimari no Estado do Acre, relataram que a coleta do óleo obteve maior produção, também no período menos chuvoso. A produção pode variar em relação ao tipo de manejo para a retirada da oleorresina e de acordo com o intervalo de tempo entre as extrações. Sabe-se que se a extração for conduzida de forma inadequada pode levar a morte do indivíduo. Por estes motivos algumas instituições têm gerado recomendações de intervalo mínimo de coleta de dois (SHANLEYET al., 2005) ou três anos (LEITE et al., 2001), sem qualquer embasamento técnico-científico. Na Flona Tapajós, no Estado do Pará, os extratores utilizam o intervalo de dois anos.

Além da produção por árvore, outro fator que afeta a produção é a proporção de árvores produtivas na área explorada. Na Reserva Ducke, em Manaus, AM, Alencar (1982) observou em *C. multijuga* uma proporção de 24% de árvores produtivas em solos arenosos e de 39% em solos argilosos. Ferreira e Braz (1999), avaliando a produção da oleorresina de copaíba na Floresta Estadual do Antimary, no sudeste do Estado do Acre, observou que a proporção de árvores produtivas foi de 72% no período menos chuvoso e de apenas 41% na estação chuvosa. Este último resultado é contraditório com o relatado por Baimaet al. (1999), na região do Tapajós, PA, onde foi observado que na estação menos chuvosa a produção da oleorresina seria menor. Por sua vez, Plowden (2003) encontrou uma proporção de 61% de copaíbas produtivas em uma reserva indígena do Pará, enquanto no Estado do Acre se estima que apenas 25% das árvores adultas sejam produtivas (LEITE et al., 2001).

As estimativas de produção podem variar ainda em relação ao tipo de manejo para a retirada do óleo e do período entre extrações consecutivas. A re-extração em uma mesma árvore também deve ser considerada quando se planeja produzir oleorresina de copaíba. Extrações realizadas em intervalos semestrais apresentam resultados variáveis, em que na maioria das vezes as quantidades da oleorresina extraído são maiores na segunda extração, ocorrendo declínio da produção na terceira coleta. Em alguns casos, só é possível extrair oleorresina na primeira coleta.

O potencial de produção da oleorresina extraído de *Copaifera* spp foi avaliado em duas populações naturais do sudoeste da Amazônia brasileira (municípios de Tarauacá e Xapuri), nos anos de 2000 e

2001. Foram selecionadas 388 árvores adultas de copaíbas das duas populações, sendo identificados em cada árvore o diâmetro à altura do peito (DAP), a produção da oleorresina, a posição da árvore no relevo local (baixio ou terra firme) e a tipologia florestal local (floresta aberta ou densa), além do nome regional da copaíba, com base em características morfológicas da casca: *Copaifera reticulata*: copaíba-branca, vermelha, amarela e preta e *Copaifera paupera*: mari-mari. Os resultados indicaram que a copaíba mari-mari possui maior proporção de indivíduos produtivos (80%), enquanto os demais morfotipos apresentaram apenas de 22 a 40% de seus indivíduos produtivos. Com relação a todas as árvores amostradas, a produção da oleorresina variou de 0 a 18 L árvore⁻¹, com a copaíba mari-mari tendo a maior produção média (1,33 L árvore⁻¹), porém sem diferir significativamente, dos demais morfotipos. Após excluir da análise as árvores não produtivas, a copaíba-preta apresentou significativamente, a maior produção média da oleorresina (2,92 L árvore⁻¹). A tipologia florestal, posição da árvore no relevo e o DAP não se mostraram relacionados a produção da oleorresina (WADT et al., 2007).

No período de setembro de 2003 a agosto de 2005, no município de Mojú, Estado do Pará, Brasil, trabalhos conduzidos por Lameira (2005) e Lameira et al., (2005) com três espécies de *Copaifera*, indicaram que nos meses de setembro e outubro ocorreram as maiores produções de óleo para a espécie *Copaifera reticulata*, respectivamente, 2.800 e 3.000 ml, e de setembro a novembro para a espécie *Copaifera duckei*, sendo que o maior valor foi obtido no mês de outubro com 500 ml, coincidindo com o período de menor precipitação pluviométrica. Em todos os casos as maiores produções ocorreram no período menos chuvoso. Embora a espécie *Copaifera martii*, tenha obtido 100 ml de produção de óleo no mês de janeiro e tendo sido a maior obtida pela espécie, essa produção pode ser considerada irrelevante diante das produções das outras duas espécies. A menor produção foi observada no período de janeiro a maio de 2004, principalmente, para as espécies *C. reticulata* e *C. duckei*, coincidindo com o período mais chuvoso. Nos meses de julho não houve produção de óleo para a espécie *C. reticulata*. A espécie *C. martii*, não produziu óleo nos meses de novembro e dezembro (Figura 3).

No mesmo trabalho conduzido pelos autores foi observado que as espécies *C. reticulata* e *C. duckei* produziram, respectivamente, uma oleorresina de aspecto líquido de coloração amarelo claro e vermelho intenso (Figuras 4A e 4B) que favoreceu a coleta, conseqüentemente, o volume final. Enquanto que, a espécie *C. martii* produziu uma oleorresina denso de coloração marrom que dificultou a coleta e conseqüentemente, a produção (Figura 4C).

Ainda no mesmo trabalho, na *C. reticulata*, a concentração do sesquiterpeno, β -cariofileno foi superior a do β -bisaboleno durante todos os meses de avaliação. Enquanto que, a concentração do sesquiterpeno, β -bisaboleno na *C. duckei* foi superior a do β -cariofileno no mesmo período. O sesquiterpeno α -copaeno na *C. martii*, apresentou concentrações superiores ao Δ -amorfeno em todos os meses do ano e nos três casos, ocorreu variações nos percentuais das substâncias independentes do período de precipitação pluviométrica (Tabela 1).

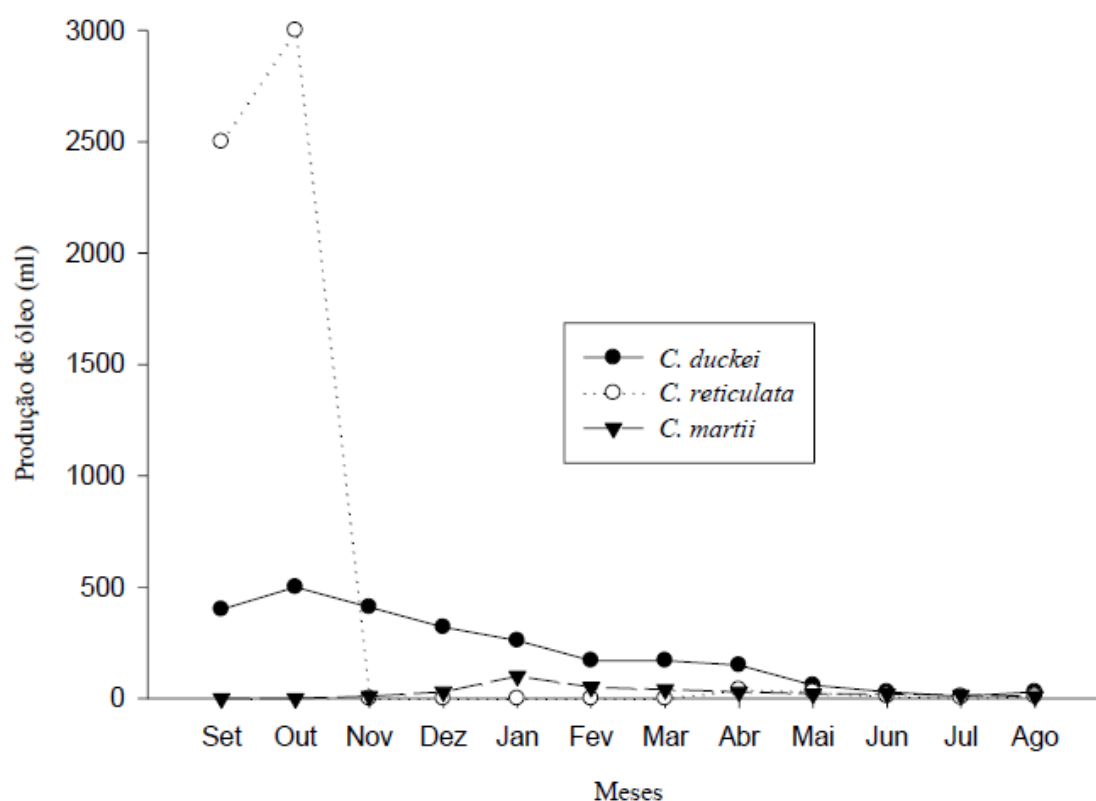


Figura 3. Média de produção (ml) de óleo de espécies de copaíba do período setembro de 2003 a agosto de 2005. Mojú, PA, Brasil.

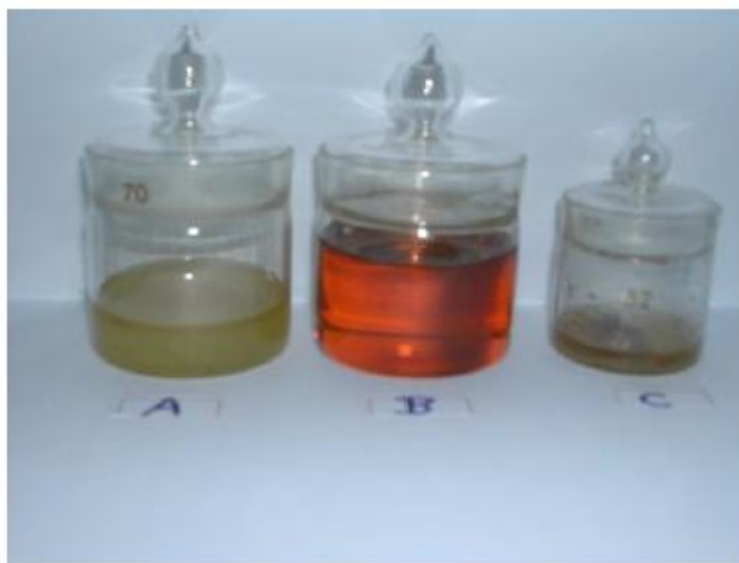


Figura 4. Oleorresina de espécies de *Copaifera*. *C. reticulata* (A), *C. duckei* (B) e *C. martii* (C).

Autor: Osmar Alves Lameira

Tabela 1. Principais componentes voláteis da oleorresina das espécies de *Copaifera*.

Componentes Químicos (%)	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
<i>C. reticulata</i>												
β -cariofileno	57,4	41,3	53,0	51,1	39,0	58,7	61,8	50,1	52,8	50,1	0*	52,1
β -bisaboleno	17,4	9,9	14,3	15,6	12,5	17,0	14,8	15,5	16,4	15,5	0*	17,4
<i>C. duckei</i>												
β -cariofileno	14,8	13,2	13,3	13,0	11,3	11,8	15,5	13,1	13,2	14,1	14,5	14,0
β -bisaboleno	16,7	16,1	16,3	16,4	14,0	14,5	15,7	16,7	17,0	17,6	17,3	17,4
<i>C. martii</i>												
α -copaeno	39,5	51,2	0*	0*	43,2	44,0	44,8	37,2	36,4	39,4	47,6	39,7
Δ -amorfenos	16,4	13,9	0*	0*	17,2	15,8	15,7	16,6	16,3	16,0	13,7	16,3

0* significa mês em que não houve produção da oleorresina.

Trabalhos conduzidos por Oliveira et al., (2009) na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, com a espécie *C. reticulata* em que a coleta da oleorresina é realizada a cada 4 meses durante o período de um ano, indicaram que a maior produção da oleorresina ocorreu no mês de outubro coincidindo com o período menos chuvoso e a menor produção foi obtida no mês de fevereiro o que correspondeu ao período de chuvas mais intensas na região.

Com base em nossos resultados, concluímos que a produção da oleorresina está mais relacionada a fatores bióticos, como infestação de cupins e capacidade competitiva de árvores individuais (dominância) do que a fatores abióticos (conteúdo de argila do solo e sazonalidade). Portanto, estudos detalhados sobre a infestação de cupins são necessários com foco na intensidade do ataque e na eficácia do controle populacional por óleo nessas propriedades. Árvores com DAP > 41 cm são mais eficazes para serem utilizadas na extração de oleoresina devido à sua alta produção na primeira colheita. No entanto, árvores menores DAP < 41 cm recuperaram sua produção mais rapidamente que as maiores. Eles são capazes de recuperar 100% de sua oleorresina em apenas um ano, enquanto árvores com diâmetros maiores requerem um período maior de tempo para recuperar seu teor da oleorresina.

Portanto, a extração da oleorresina parece ser ecologicamente sustentável para árvores com diâmetros entre 30 e 41 cm. No entanto, é necessário um monitoramento em maior escala e maior período de produção da oleorresina para verificar se isso é verdade. Esse monitoramento de longo prazo é importante para verificar se colheitas sucessivas não causam estresse nas plantas, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento, bem como a reprodução das espécies (MEDEIROS & VIEIRA, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. C. da. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v.11, n. 1, p.3-11, 1982.
- ALVES, G. M.; CASTRO, M. M. Anatomia foliar de duas espécies de *Acosmium* (Leguminosae, Papilionoideae, Sophoreae). *Sociedade Botânica do Brasil*. (Resumos: p. 172), 2002.
- ARCHIBOLD, O. W. *Ecology of world vegetation*. Chapman and Hall. London. 1995.
- BAIMA, A. M. V.; SANTOS, L. S.; NUNES, D. S.; CARVALHO, J. O. P. de. Produção de óleo de copaíba na região de Tapajós. Belém: Embrapa-CPATU, 1999, 3p. Embrapa-CPATU. Comunicado Técnico, 103.
- BARBOSA KS, YOSHIDA M, SCUDELLER V. V. Detection of adulterated copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oil-resins by refractive index and thin layer chromatography. *Revista Brasileira Farmacognesia*. v.19, p.57-60. 2009.
- BASILE, A.C.; SERTIÉ, J.A.A.; FREITAS, P.C.D.; ZANINI, A.C. Antiinflammatory activity of oleoresin from Brazilian *Copaifera*. *Journal of Ethnopharmacology*. v.22, n.1, p.101-09, 1988.
- CASCON, V. Copaíba-*Copaifera* spp. In: CARVALHO, J.C.T. *Fitoterápicos antiinflamatórios: aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas*. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2004. 480p.
- CORREA, P. M. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro, 1984. v.6, p.612-615.
- ESAU, K. *Anatomia das plantas com sementes*. Tradução de Berta Lange de Morretes. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1974, 312p.
- FAHN, A. & EVERT, R. F. Ultrastructure of secretory ducts of *Rhus glabra* L. *American Journal of Botany*. v.61, p.1-14, 1974.
- FERREIRA, L. A.; BRAZ, E. M. Avaliação do potencial de extração e comercialização do oleorresina de copaíba (*Copaifera* spp.) FUNTAC. Acre, 1999.
- GRIEVE, M. *A modern herbal*. London: Tiger books international, 1995. 221p.
- LAMEIRA, O.A.; OLIVEIRA, E.C.P.; ZOGHBI, M.G.B. Identificação da época de coleta do óleo de copaíba (*Copaifera* sp.) no município de Moju-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45, Fortaleza, 2005. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.2, p.1-4, 2005, CD-ROM.
- LAMEIRA, O.A. Relatório de atividades: determinação da época de coleta de óleo de copaíba. Processo: NO 472758/2003-9, CNPq, 2005, 20p.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LEITE, A. *Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba*. Rio Branco: Universidade Federal do Acre. 2001. 38p.

- 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*, v.24, p.311-320. 2001.
- MATTA, A.A. *Flora medica braziliense*. Manaus: Imprensa Oficial, 1913. 318p.
- MEDEIROS, R. da S.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.256, p.282–288, 2008.
- MORAES, V. H. F.; BASTOS, T.X. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes, semipermanentes e anuais, com possibilidade de expansão na Amazônia. In: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte (Belém, PA). *Zoneamento agrícola da Amazônia: 1a aproximação*. Belém, 1972. p. 123-153. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- OLIVEIRA, E.C.P.; LAMEIRA, O. A. Identificação da época de coleta do oleorresina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju-PA. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.8, n.3, p.14-23, 2006.
- OLIVEIRA, E.C.P.; LAMEIRA, O. A.; SOUZA, F.I.B.; NONATO, C.V. de F. Produção sazonal do óleo de *Copaifera reticulata* Ducke na Floresta Nacional do Tapajós-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURA E BIODIESEL, 6, Montes Claros, 2009. *Revista de Resumos.....2009*, p.1263-1270.
- PIO, C. M. *Dicionário das plantas úteis do Brasil*. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1931, 370p.
- PLOWDEN, C. Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp) oleoresin in the Eastern Brazilian Amazon. *Econ. Bot.* v.57, p.491-501, 2003.
- REVILLA, J. 2001. *Plantas da Amazônia – oportunidades econômicas e sustentáveis*. SEBRAE-AM/INPA, Manaus. 405p.
- RIGAMONTE AZEVEDO, O.C.; WADT, G.S.; WADT, L.H. de O. Potencial de produção de oleorresina de copaíba (*Copaifera* sp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. *Revista Árvore*, v.30, n.4, p.583-591, 2006.
- RIGAMONTE AZEVEDO, O.C. et al. *Copaíba: ecologia e produção de óleo-resina*. Rio Branco: EMBRAPA, MAPA, 2004. 28p.
- RODRIGUES, T. M. *Espaços Secretores em Copaifera langsdorffii* Desf. e *Pterodon pubescens* Benth.: Ontogênese, Estrutura e Secreção. Botucatu, Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, 2008.
- SEBRAE-AC. *Copaíba: produtos potenciais da Amazônia*, Brasília. MMA/SUFRAMA/SEBRAE/GTA, 1998. 28p.
- SHANLEY, P.; PIERCE, A.; LARIRD, S. *Além da Madeira: certificação de produtos florestais não-madeireiros*. Bogor, Indonésia: Centro de Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR), 2005. 153 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TEIXEIRA, S. P.; CASTRO, M. M.; TOZZI, A. M. G. A. Secretory cavities and pellucid dots in leaflets of *Lonchocarpus* (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae). *Plant Systematic and Evolution*, v.221, p.61-68, 2000.

TURNER, G. W., BERRY, A. M. & GIFFORD, E. M. Schizogenous secretory cavities of *Citrus limon* (L.) Burm.F. and a reevaluation of the lysigenous gland concept. *International Journal of Plant Sciences*, v.159, n.1, p.75-88. 1998

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

VEIGA JUNIOR, V.F. et al. Plantas medicinais: cura segura? *Química Nova*, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

WADT, L.S. et al. Efeito do tipo e época de extração na produção de óleo-resina de copaíba. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8. 2007, Caxambu. Sociedade de Ecologia do Brasil, 2p.

Capítulo 5



10.37423/230207207

MORFOTIPOS DE COPAIBEIRA

Osmar Alves Lameira

Embrapa Amazônia Oriental

Helaine Cristine Gonçalves Pires

UFRA

Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro

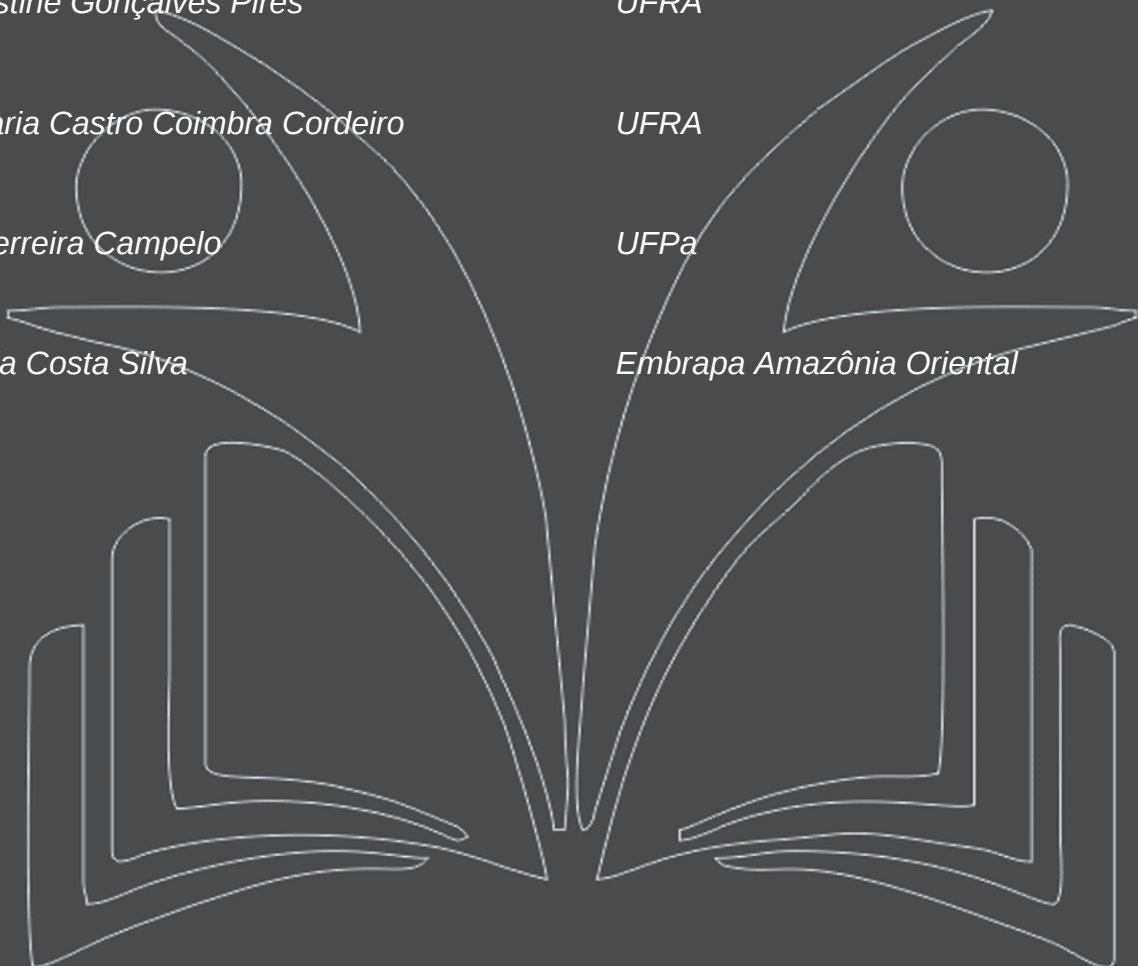
UFRA

Meiciane Ferreira Campelo

UFPA

Anderson da Costa Silva

Embrapa Amazônia Oriental



INTRODUÇÃO

A descrição das características das espécies ocorre por muitos anos, com a finalidade de sistematizar e classificar os seres vivos. Os valores utilitários de vegetais, especialmente, por sua importância na alimentação e a utilização de condimentos fitoterápicos e estéticos, foram explorados, descritos e caracterizados ao longo da história (BORÉM, 2005; LUCENA et al., 2018)

A caracterização é uma atividade essencial no manejo de coleções de germoplasma ex situ que consiste em tomar dados para descrever, identificar e diferenciar acessos entre e dentro os mesmos. Segundo Campelo et al. (2021) a variabilidade dos caracteres apresentam contribuição para diferenciação entre acessos de uma mesma espécie. Dentre os vários tipos de caracterização, a morfológica é a primeira realizada no germoplasma sendo feita com base em observações ou mensurações de vários caracteres morfológicos facilmente diferenciáveis a olho nu (BURLE & OLIVEIRA, 2010).

No gênero *Copaifera* dentre as diferentes espécies destaca-se a *Copaifera reticulata* Ducke, com morfotipos existentes, indivíduos com variações morfológicas e/ou cromáticas pertencentes a uma mesma espécie (GALVÃO, 2014), que necessitam ser caracterizados para melhor serem aproveitados e conservados. Sendo a caracterização morfológica sugerida para melhor contribuir na identificação desses morfotipos. Um exemplo, amplamente usado é a identificação de várias espécies do gênero *Copaifera*, havendo dificuldades em sua identificação botânica de gênero e/ou na espécie devido as suas semelhanças (RIGAMONTE- AZEVEDO et al., 2004).

De acordo com Leite et al. (2001), no estado do Acre são reconhecidos seis morfotipos de copaíbeiras, sendo a classificação baseada nas características morfológicas das cascas e das folhas: copaíba-preta da placa grande, copaíba-preta da placa pequena, copaíba-branca, copaíba-amarela, copaíba-vermelha e copaíba-mari-mari, onde se confirma que a identificação de morfotipos entre os indivíduos da espécie pode contribuir para o manejo adequado da copaíba na produção extrativista.

A produção da oleorresina pela árvore de *Copaifera* sp. apresenta variação e ainda não há estudos científicos que comprovem os fatores que os determinam. As condições ambientais, as características edáficas do local de crescimento das árvores, a época do ano e as suas características genéticas são fatores que se acredita ser determinantes como fontes de variação para a produção do óleo (SOUZA et al., 2010).

Com base no levantamento realizado por Quemel, et al. (2021) sobre o gênero *Copaifera*, a oleorresina possui diversos fins terapêuticos, cada ação terapêutica de tratamentos se difere de acordo com as

espécies de cada copaibeira onde se extrai a oleorresina. A oferta do óleo depende totalmente do extrativismo, ocorrendo à necessidade de desenvolver técnicas de domesticação e estabelecer plantios para abastecer a demanda do mercado (HOMMA, 2014).

Assim sendo o trabalho teve por objetivo identificar e caracterizar morfológicamente as cascas de indivíduos de *Copaifera reticulata* Ducke, por meio de descrição anatômica e correlacioná-las com as características edáficas, em uma área de floresta manejada, localizada no município de Mojú, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na área de floresta manejada da Fazenda Agroecológica São Roque ("3°03'14,85409" S e 48°59'36,15357" W), localizada no município do Moju, nordeste do Estado do Pará. Fisionomicamente a região onde ocorreu a coleta de dados é denominada Floresta ombrófila caracterizada por apresentar vegetação sempre verde, árvores de grande porte, copas grandes e irregulares e altura variando entre 30-50 m. O clima da região é do tipo Ami (quente e úmido) segundo a classificação de Köppen, temperatura média anual de 26 °C e precipitação pluviométrica média de 2.500 mm. Os principais solos presentes na região são pertencentes as classes dos Latossolos, tais como: Latossolo Amarelo, textura argilosa, e solos Concrecionários Lateríticos; Latossolo Amarelo, textura argilosa, e Latossolo Amarelo, textura média, além de Areias Quartzosas e solos Aluviais (IDESP, 2011).

AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

A fim de identificar e caracterizar os morfotipos dentro da espécie de copaíba, de uma população de 50 árvores foi selecionado 10 indivíduos, os quais foram georeferenciados através de aparelho GPS de navegação do tipo GARMIMP. De cada árvore foi observada a forma do fuste, de onde foram retiradas as amostras de cascas nas dimensões de 14 cm de comprimento x 10 cm de largura.

Com auxílio de um trado holandês foram retiradas amostras do solo na profundidade de 0 – 20 cm em 4 pontos de projeção da copa, formando 1 amostra composta por indivíduo. As amostras de solo foram secas à temperatura ambiente, destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha, homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas para as análises em laboratório.

VARIÁVEIS E ANÁLISES ESTATÍSTICA

A identificação da espécie foi realizada pelo método de comparação empregado no herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém/PA. Os experimentos em estudo foram conduzidos por meio de método quantitativo (as características edáficas) e método qualitativo (características morfológica das cascas) segundo metodologia científica (PEREIRA et al., 2018).

Para identificação e caracterização das cascas de indivíduos avaliou-se por meio de variáveis qualitativas: forma do fuste da árvore, cor da casca, superfície da casca, presença ou ausência de lenticelas, depressões, estrias, desprendimento de placas, fendas e presença ou ausência de espinhos e fungos. Utilizou-se a descrição anatômica das cascas na Xiloteca da referida instituição. Para características edáficas da área considerou-se as variáveis quantitativas de teores de (MO (G/kg), pH (água), P (Fósforo), K (Potássio), Na (Sódio), Ca (Cálcio), Ca+ Mg e H + Al (Acidez potencial), obtidos através da análise de solo realizada no Laboratório de Análise Química de Solo da Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA).

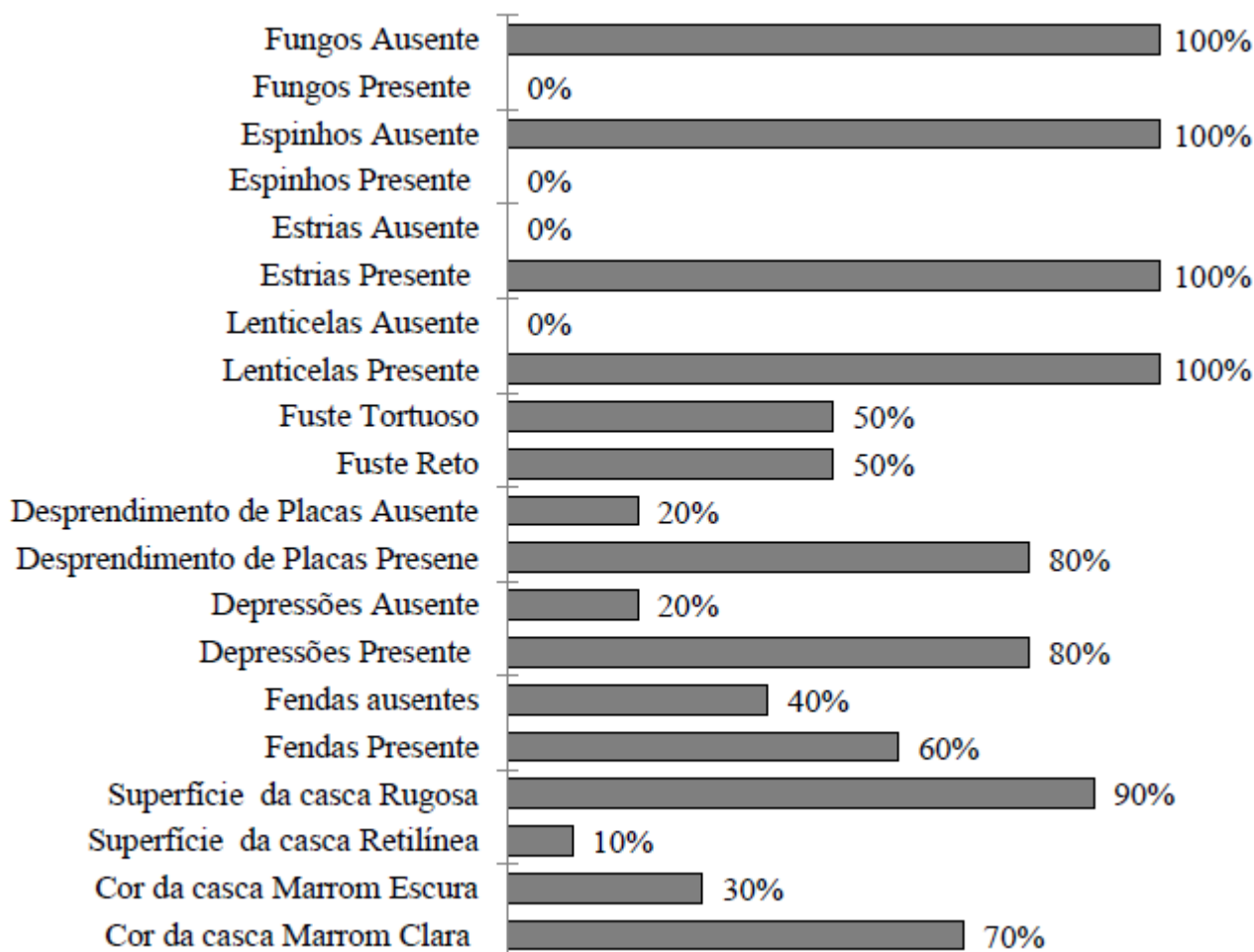
Os dados obtidos foram submetidos à média aritmética das amostras de solo coletado na profundidade de 0-20 cm, para determinar a distribuição de cada variável nos dez indivíduos analisados. Os dados foram tabulados e processados em planilhas no sistema Microsoft Excel e em seguida, analisados pelo programa estatístico *Statistic Package for Social Sciences* (SPSS, 2020). Os caracteres morfológicos foram correlacionados com as variáveis químicas do solo, foi utilizado o método da estatística descritiva e o teste t de Student para comparação de médias, por meio da ANOVA hierarquizada (GOTELLI & ELLISON, 2016), que permite analisar até 50 variáveis de resposta com até 9 fatores ao mesmo tempo, ao nível de significância de 0,05 ($p < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação e caracterização das cascas de indivíduos de *Copaifera reticulata* Ducke em área de floresta manejada.

Com base na identificação e caracterização das cascas existentes nos dez indivíduos de *C. reticulata*, a Figura 1 apresenta os seguintes resultados, em 100% dos indivíduos, foi observada presença de lenticelas e estrias, e ausência de fungos e espinhos, 50% dos indivíduos analisados apresentaram a forma do fuste da árvore reto e a outra metade tortuosa. Cerca de 80% dos indivíduos obtém depressões e desprendimentos de placas ao longo das cascas. Observou-se que 60% das plantas apresentaram fendas nas cascas e 90% da superfície da casca rugosa. A cor da casca mostrou variação na tonalidade da cor marrom, a maioria das copaibeiras exibiu a cor marrom claro (70%).

Figura 1. Variáveis qualitativas observadas em cascas de dez indivíduos de *Copaifera reticulata*, na Fazenda Agroecológica São Roque, município de Mojú, Pará.



Segundo as amostras dos morfotipos de cascas de dez indivíduos de copaibeiras, a primeira, segunda e terceira árvore apresentaram 4,15 m, 4,5 m e 3,85 m de diâmetro a altura do peito (DAP), respectivamente. De acordo com a descrição realizada *in loco*, ambas as copaibeiras obtiveram a forma do fuste reto, cor da casca marrom escura, presença de lenticelas, depressões e estrias em forma de pequenas placas ao longo da superfície, porém o indivíduo 1 apresentou a superfície da casca retilínea e os indivíduos 2 e 3 superfície rugosa, e registro de desprendimento de placas no indivíduo 3 (FIGURA 2).

Para o quarto, quinto e o sexto indivíduo selecionado, apresentaram as medições 4,10 m, 2,20 m e 2,70 m de DAP, respectivamente. Ambas as árvores apresentaram características cor da casca marrom claro, superfície da casca rugosa, presença de lenticelas, estrias e desprendimento de placas, o quinto indivíduo apresentou forma do fuste tortuoso e os individuo quarto e sexto forma do fuste reto, além de presença de fendas. A árvore 4 apresentou também depressões em forma de escamas (FIGURA 2).

Para o restante dos indivíduos (7, 8, 9 e 10), registrou-se 3,15 m; 2,32 m; 2,33 m e 4,60 m de DAP, respectivamente. Para as quatro copaibeiras, verificou-se a forma do fuste tortuoso, cor da casca marrom claro e a superfície da casca rugosa. Foram encontradas lenticelas em distribuição irregular, depressões escamosas, estrias, desprendimento de várias placas e fendas verticais irregulares (FIGURA 2). As duas últimas copaibeiras localizavam-se próximas a uma área de declive (ladeira), sendo que o penúltimo indivíduo estava inserido em uma área de abertura de clareira. Em todas as copaibeiras selecionadas, não foram verificados processos de floração e frutificação.

A importância de realizar a caracterização morfológica e agrônômica dos materiais genéticos disponíveis é de extrema necessidade para orientar a escolha de materiais que propiciem alta produção, trabalhos de melhoramento, como a produção de novas variedades ou desenvolvimento de linhagens (MACHADO et al., 2020). Além do que a partir de características morfológicas simples é possível selecionar cultivares promissoras devido às correlações com a produção, sem a necessidade de acompanhar todo o ciclo da planta (JÚNIOR et al., 2018).

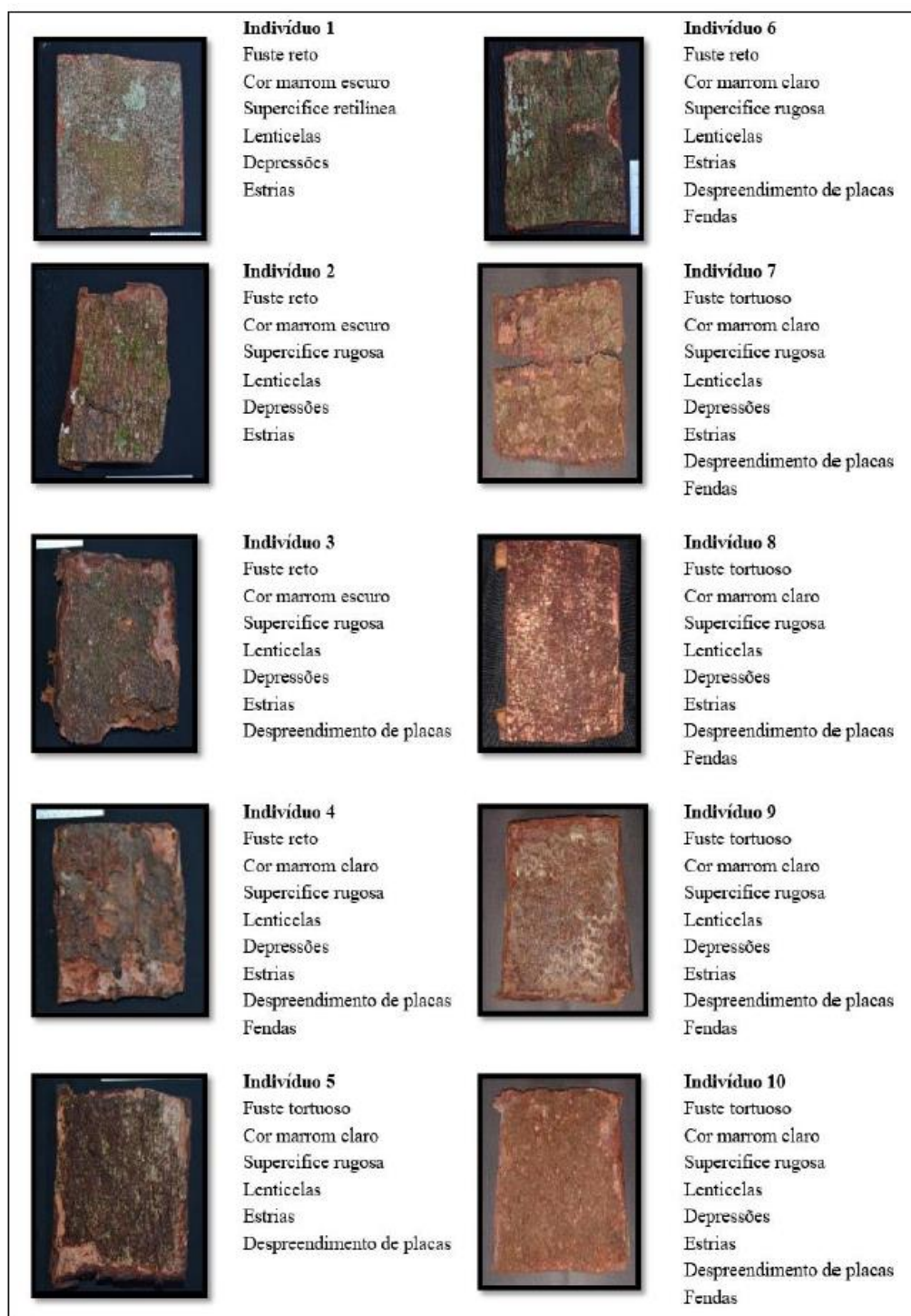
Husch et al. (2003) afirmam que a forma do fuste é definida pela taxa de decréscimo do diâmetro (d), em relação ao diâmetro a altura do peito (dap), ao longo do tronco. Nas ciências florestais, essa relação é conhecida, como *taper* e no Brasil, como afilamento, que pode variar com o material genético, idade, espaçamento, regime de cortes e desbaste (NOGUEIRA et al., 2008).

Estudos realizados por Rigamonte-Azevedo et al. (2004), asseguram que a produção de diferentes morfotipos dentro do gênero *Copaifera* apresenta variação e ainda não há pesquisas científicas que comprovem os fatores que o determinam. Acredita-se que as condições ambientais, as características edáficas do local de crescimento das árvores, a época do ano, a sua composição genética são fatores determinantes como fontes de variação para o surgimento de diversos morfotipos (ALENCAR, 1984).

As características morfológicas podem variar amplamente entre cultivares da mesma espécie (CASLER et al., 2004). Segundo Leite et al. (2001) por meio de estudos confirmam, que no estado do Acre são reconhecidos seis morfotipos de copaibeiras, onde a classificação é fundamentada nas características morfológicas das cascas e das folhas, sendo eles: copaíba-preta da placa grande, copaíba-preta da placa pequena, copaíba-branca, copaíba-amarela, copaíba-vermelha e copaíba-mari-mari, onde se confirma que a identificação de morfotipos entre os indivíduos da espécie pode contribuir para o manejo adequado da copaíba na produção extrativista, o que foi comprovado pelas coletas das cascas de dez indivíduos de *C. reticulata* nesta pesquisa, que mostrou diferença entre os indivíduos da mesma espécie já que as cascas apresentaram diferenças em suas características morfológicas. O que serve de base para identificação e caracterização de morfotipos dentro de *C. reticulata* (Figuras 1 e 2),

cuja a espécie possui uma grande diversidade fisiológica e morfológica de indivíduos, onde há vários fatores desconhecidos que necessitam ser pesquisados.

Figura 2. Amostras dos morfotipos das cascas de dez indivíduos de *Copaifera reticulata* na Fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.



Autor: Helaine Pires

Na Tabela 1 foi observado que a variável forma do fuste dos indivíduos de *C. reticulata* difere significativamente, entre reto e tortuoso quando analisadas as variáveis Ca, Ca+ Mg e H + Al. No caso da variável Ca, as árvores que possuem o fuste de formato reto apresentaram média significativamente ($p < 0.05$) superior ($M = 1,16$) quando comparadas com as árvores de formato tortuoso ($m = 0,34$). No caso da variável Ca+ Mg, as árvores que possuem o fuste de formato reto apresentaram média significativamente ($p < 0.05$) superior ($M = 1,70$) quando comparadas com as árvores de formato tortuoso ($M = 0,52$). Já no que refere a variável H + Al, as árvores que possuem o fuste de formato reto apresentaram média significativamente ($p < 0.05$) inferior ($M = 0,78$) quando comparadas com as árvores de formato tortuoso ($M = 1,26$).

A variável cor da casca (marrom claro e marrom escuro) dos indivíduos de copaíba influenciou nas diferenças significativas encontradas para a variável H + Al. Observou-se que no caso desta variável, os indivíduos que possuem a casca de cor marrom escuro apresentaram média de H + Al significativamente ($p < 0.05$) superior ($m = 1,17$) quando comparadas aos indivíduos com cascas de cor marrom claro ($M = 0,67$). As demais variáveis de solo apresentaram diferenças numéricas em função da cor das cascas, porém estas diferenças não foram significativas ($p > 0.05$), como mostra a Tabela 1. Em um total de dez indivíduos de copaíba, apenas a de número 1 apresentou a superfície da casca retilínea, o que inviabilizou a realização de um teste de significância. Com base na análise descritiva, verificou-se que esta amostra da casca com a superfície retilínea apresentou valores superiores para todas as variáveis de solo, exceto no caso da variável H + Al, onde a média para as variáveis de superfície rugosa foi superior com média = 1,04 (Tabela 1).

Tabela 1. Teste t de Student para comparação de médias para a variável forma do fuste, coloração da casca, superfície da casca de indivíduos de *Copaifera reticulata* em função das variáveis de solo na fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Variável de Solo	Forma do Fuste				Coloração da Casca				Superfície da Casca	
	Tipo	Média	CV	P-Valor ⁽¹⁾	Marrom	Média	CV	P-Valor ⁽¹⁾	Tipo	Média
MO (G/kg)	Reto	25,3	37,1	0.362 ^{ns}	Claro	27,7	29,2	0.290 ^{ns}	Retilínea	27,9
	Tortuoso	19,9	38,7		Escuro	20,4	40,9		Rugosa	22,0
pH (água)	Reto	4,5	9,1	0.602 ^{ns}	Claro	4,6	8,1	0.396 ^{ns}	Retilínea	5,1
	Tortuoso	4,4	9,6		Escuro	4,4	9,4		Rugosa	4,4
P	Reto	2,6	51,6	0.378 ^{ns}	Claro	3	57,7	0.423 ^{ns}	Retilínea	5
	Tortuoso	2	8,8		Escuro	2	7,2		Rugosa	2
K	Reto	8,4	15,9	0.792 ^{ns}	Claro	8,6	17,6	0.922 ^{ns}	Retilínea	9
	Tortuoso	9,2	71,2		Escuro	8,8	61,2		Rugosa	8,8
Na	Reto	5,2	34,4	0.682 ^{ns}	Claro	6	33,3	0.327 ^{ns}	Retilínea	6
	Tortuoso	4,6	56,1		Escuro	4,4	48,0		Rugosa	4,7
Ca	Reto	1,1	63,5	0.043*	Claro	1,5	52,9	0.148 ^{ns}	Retilínea	0,9
	Tortuoso	0,3	65,6		Escuro	0,4	59,2		Rugosa	0,7
Ca+ Mg	Reto	1,7	51,6	0.022*	Claro	2,1	45,9	0.133 ^{ns}	Retilínea	14
	Tortuoso	0,5	62,0		Escuro	0,6	57,3		Rugosa	1,0
H + Al	Reto	0,7	46,5	0.039*	Claro	0,6	17,3	0.012*	Retilínea	0,8
	Tortuoso	1,2	19,4		Escuro	1,1	30,8		Rugosa	1,0

Fonte: Autores, 2021.

⁽¹⁾ Teste de Comparação de Médias (p-valor <0.05).

*Valores Significativos; ^{NS} Valores Não Significativos.

H1: As médias diferem significativamente (p<0.05).

A Tabela 2 demonstra que o tipo de depressão presente nas cascas influenciou significativamente, as variáveis MO (G/kg), pH (água) e K. No caso da variável MO (G/kg), as cascas que possuem depressões apresentaram média de MO (G/kg) significativamente (p<0.05) superior (m = 24,94) quando comparadas as cascas que não possuem depressões (M= 13,46). No caso da variável pH (água), as cascas que possuem depressões apresentaram média de pH (água) significativamente (p<0.05) superior (M = 4,64) quando comparadas com as cascas que não possuíam depressões (M = 3,85) e para a variável K, observa-se que as cascas que possuem depressões apresentaram média de K significativamente (p<0.05) superior (M = 9,53) quando comparadas com as cascas que não possuem

depressões (M= 6,00). As demais variáveis de solo, quando em função da presença ou ausência de depressões nas cascas, não foram significativas ($p>0.05$).

Constatou-se que apenas as variáveis Ca + Mg e H + Al apresentaram diferença significativa em função da presença ou ausência de desprendimento de placas em cascas de copaibeiras. Verificou-se que as cascas com ausência de desprendimento de placas, a média de Ca+ Mg foi significativamente ($p<0.05$) superior (M = 1,55). No caso, da variável H + Al, as cascas com presença de desprendimento de placas, apresentaram média de H + Al significativamente ($p<0.05$) superior (M = 1,10). As maiores alterações ocorreram nas variáveis Ca + Mg e H + Al, no que diz respeito a comparação das cascas, em função da presença e ausência de desprendimentos de placas (Tabela 2). Nenhuma das variáveis de solo diferiu significativamente ($p>0.05$) em função da presença ou ausência de fendas nas cascas como exibe a Tabela 2, o que denota que esta variável não foi influenciada pelo solo.

Tabela 2. Teste t de Student para comparação de médias para a variável depressão na casca, desprendimento de placas e presença ou ausência de fendas de indivíduos de *Copaifera reticulata* em função das variáveis de solo na Fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Variável de Solo	Depressão na casca				Despreendimento de placas				Fendas na casca			
	Depressão	Média	CV	P-Valor	Despreendimento	Média	CV	P-Valor	Fendas	Média	CV	P-Valor
MO (G/kg)	Ausência	13,5	12,7	0.089*	Ausência	23,7	25,1	0.825 ^{ns}	Ausência	24,5	38,0	0.625 ^{ns}
	Presença	24,9	32,1		Presença	22,4	42,2		Presença	21,4	40,8	
pH (água)	Ausência	3,9	5,51	0.036*	Ausência	4,8	10,4	0.543 ^{ns}	Ausência	4,4	13,0	0.755 ^{ns}
	Presença	4,6	5,1		Presença	4,4	8,7		Presença	4,5	6,7	
P	Ausência	2,0	0	0.648 ^{ns}	Ausência	3,5	60,6	0.500 ^{ns}	Ausência	2,8	54,6	0.393 ^{ns}
	Presença	2,4	45,0		Presença	2,0	6,6		Presença	2,0	7,9	
K	Ausência	6,0	23,5	0.351*	Ausência	8,0	17,6	0.630 ^{ns}	Ausência	7,8	28,6	0.511 ^{ns}
	Presença	9,5	50,2		Presença	9,0	56		Presença	9,5	59,3	
Na	Ausência	5,0	28,2	0.932 ^{ns}	Ausência	5,0	28,2	0.932 ^{ns}	Ausência	6,0	27,2	0.175 ^{ns}
	Presença	4,9	48,0		Presença	4,9	48,0		Presença	4,2	53,0	
Ca	Ausência	0,5	84,8	0.516 ^{ns}	Ausência	1,1	20,2	0.248 ^{ns}	Ausência	1,2	78,1	0.227 ^{ns}
	Presença	0,8	90,2		Presença	0,7	109,5		Presença	0,5	54,8	
Ca+ Mg	Ausência	0,8	84,8	0.509 ^{ns}	Ausência	1,6	13,6	0.032*	Ausência	1,7	72,5	0.240 ^{ns}
	Presença	1,2	79,1		Presença	1,0	96,4		Presença	0,8	51,8	
H + Al	Ausência	1,0	70,7	0.965 ^{ns}	Ausência	0,7	20,2	0.057*	Ausência	0,9	48,8	0.388 ^{ns}
	Presença	1,0	34,0		Presença	1,1	35,5		Presença	1,1	32,6	

Fonte: Autores, 2021.

(1) Teste de Comparação de Médias (p -valor <0.05).

*Valores Significativos; NS Valores Não Significativos.

H1: As médias diferem significativamente ($p<0.05$).

Todas as amostras das cascas de copaibeiras obtiveram presença de lenticelas e estrias, o que inviabilizou a realização de um teste de significância. A análise descritiva demonstrou que a variável MO (G/kg) apresentou média igual a 22,64 G/kg. O coeficiente de variação indicou que a variabilidade foi alta para todas as variáveis de solo, exceto para o pH que apresentou CV inferior a 15% (Tabela 3).

Nota-se na Tabela 3 que em todas as amostras das cascas de copaibeiras, ocorreu ausência de espinhos e fungos distribuídos ao longo das cascas, o que também inviabilizou a realização de um teste de significância para estas variáveis. Os dados resultantes da análise química de solo das dez amostras referente a cada indivíduo foram submetidos à média aritmética, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 3. Distribuição das médias para as variáveis presenças de lenticelas e estrias na casca e ausência de fungos e espinhos na casca de indivíduos de *Copaifera reticulata* em função das variáveis de solo na Fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Variável de Solo	Lenticelas/ Estrias	Média	Coeficiente Variação	Espinhos/ Fungos	Média	Coeficiente Variação
MO (G/kg)	Presença	22,6	37,9	Ausência	22,6	37,92
pH (água)	Presença	4,4	9	Ausência	4,4	9
P	Presença	2,3	41,5	Ausência	2,3	41,56
K	Presença	8,8	51,6	Ausência	8,8	51,06
Na	Presença	4,9	43,2	Ausência	4,9	43,24
Ca	Presença	0,7	89,9	Ausência	0,7	89,93
Ca+ Mg	Presença	1,1	79,6	Ausência	1,1	79,62
H + Al	Presença	1,0	37,9	Ausência	1,0	37,99

Fonte: Autores, 2021

De acordo com os resultados exposto na Tabela 4, para a correlação das cascas de indivíduos de *C. reticulata* com as características edáficas, o terceiro, quarto e o sétimo indivíduo de copaibeira apresentaram os maiores teores de MO (G/kg): 35,7; 31,1; 31,7, respectivamente, sendo que elevadas quantidades de matéria orgânica no solo podem influenciar o aparecimento da variável depressão em cascas de árvores de copaíba. Todos os valores de pH (água) foram abaixo de 7,0, o qual revela o alto teor de acidez do solo. Foi observado no primeiro, quarto e décimo indivíduo (5,1; 4,8; 4,8), respectivamente, os maiores valores de pH (água), em relação aos demais indivíduos de copaibeira, onde apresentou uma correlação com o surgimento de depressões em cascas de copaibeira.

Tabela 4. Média da análise química das amostras de solo coletado na profundidade de 0-20 cm, na fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Tabela 4. Média da análise química das amostras de solo coletado na profundidade de 0-20 cm, na fazenda Agroecológica São Roque, município de Mojú, Pará.

Amostras	MO (g/Kg)	pH (água)	P	K	Na	Ca	Ca + Mg	H + Al
Indivíduo 1	27,9	5,1	5	9	6	0,9	1,4	0,8
Indivíduo 2	19,5	4,4	2	7	4	1,2	1,7	0,6
Indivíduo 3	35,7	4,5	2	10	8	2,4	3,2	0,6
Indivíduo 4	31,1	4,8	2	9	4	0,5	1,0	1,4
Indivíduo 5	14,6	3,7	2	5	6	0,2	0,3	1,5
Indivíduo 6	12,2	4	2	7	4	0,8	1,2	0,5
Indivíduo 7	31,7	4,5	2	15	8,5	0,3	0,4	1,5
Indivíduo 8	13,9	4,6	1,7	2,5	3	0,2	0,3	1,0
Indivíduo 9	15,5	4,4	2	6,2	3	0,2	0,3	1,1
Indivíduo 10	24,2	4,8	2,2	17,5	2,5	0,7	1,0	1,1

Fonte: Autores, 2021.

Segundo Rigamonte- Azevedo et al. (2004), o gênero *Copaifera* tem a ocorrência em florestas de terras firmes, terras alagadas, margens de lagos e se desenvolve tanto em solos argilosos e arenosos, com altos teores de pH e matéria orgânica. Em relação aos macronutrientes encontrados no solo, o K, proporcionou, também, uma correlação com a presença de depressões em cascas de copaibeiras, o que pode ser essencial no processo de nutrição das árvores através da liberação de potássio ou pela fixação do elemento em forma não disponível no solo (MALAVOLTA et al., 1997). As quantidades de P e Na, não apresentaram correlação com nenhuma variável relacionada às cascas de indivíduos de copaíba.

Os teores de Ca e Ca+ Mg foram elevados no primeiro, segundo e terceiro indivíduos de *C. reticulata*, com os valores para Ca: 0,9; 1,2; 2,4 e para Ca+Mg: 1,4; 1,7; 3,2, respectivamente, o que demonstra uma correlação com a variável forma do fuste dos indivíduos de copaíba e Ca+Mg uma correlação com a variável desprendimento de placas em cascas. Raij (1991) assegura que solos com altos teores de Ca e Mg podem reduzir a disponibilidade de K para as plantas. Guedes et al. (2011) afirmam que em experimentos realizados com mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. cultivadas em latossolo amarelo, textura média, sob a omissão de nutrientes, mostrou que quando foi aplicado calcário dolomítico no solo, houve um aumento do teor de Mg disponibilizado no solo, resultando em maior absorção do nutriente pelas copaibeiras.

O teor de H + Al (acidez potencial) foi elevado nos solos dos indivíduos 4(1,4 cmolc/dm³), 5 (1,5 cmolc/dm³) e 7(1,5 cmolc/dm³) indicando uma correlação com as variáveis forma do fuste das copaibeiras, a cor e o desprendimento de placas nas cascas. E através da análise da correlação de

Pearson, que na comparação entre os diâmetros e o pH da água, verifica-se uma correlação positiva ($r = 0,622$), ou seja, quanto maior o diâmetro das árvores, maior será o percentual de pH da água. Outra correlação positiva ocorreu entre os percentuais de Ca e de Ca+Mg ($r = 0,993$), ou seja, quanto maior o percentual de Ca no solo, maior será o percentual de Ca + Mg.

Em relação a caracterização fitoquímicas, apenas 3 árvores produziram oleorresina com um percentual de identificação de 96,1%, 86,6% e 70,7% correspondentes às árvores do inventário com numeração 96, 106 e 153 (árvores 6, 7 e 10) ocorrendo diferença na taxa de concentração e na composição fitoquímica dos óleos analisados. Os elementos (E)-cariofileno, (E)-alfa-bergamoteno e beta-bisaboleno foram constantes nos óleos analisados e considerados os mais importantes quanto as suas atividades biológicas. As médias de teor dos compostos fitoquímicos Beta-elemeno; (E)-cariofileno; (E)-alfabergamoteno; (E)-beta-farneseno; (Z)-alfa-bisaboleno; β -bisaboleno; Beta-sesquifelandreno e Caureno das três árvores foram comparadas com as médias de Teor dos mesmos compostos fitoquímicos de três estudos bibliográficos usados como referências e constatou-se que não existem diferenças significativas nas médias de teor dos compostos fitoquímicos adotado como nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados obtidos no presente trabalho reforçam ainda mais a importância da oleorresina de copaíba proveniente da região Amazônica contribuindo com a ampliação do conhecimento químico da espécie *Copaifera reticulata* Ducke.

Malavolta et al. (1997) ressaltaram que a prática da calagem em espécies florestais é favorável, pois o Ca adicionado no solo possui grande importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois participa de processos fotossintéticos, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular. Guedes et al. (2011) confirmaram que a calagem contribuiu para o maior crescimento em diâmetro de mudas de *C. langsdorffii*, assim como Silva et al. (2006), comprovaram que a calagem influenciou positivamente no aumento da altura, diâmetro de caule e produção de matéria seca em experimentos com a espécie *Swietenia macrophylla*.

2.3. CONCLUSÃO

Ocorre diferença entre os indivíduos de *Copaifera reticulata* Ducke, com base em características morfológicas da casca, servindo para identificação e caracterização de sete morfotipos dentro da referida espécie.

Os morfotipos de *C. reticulata* são influenciados pelas características edáficas do local de crescimento das árvores, existindo uma correlação.

2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. C. Estudos silviculturais de uma população natural de Copaíba multijuga HAYNE (LEGUMINOSA SEAE), na Amazônia Central. Produção de óleo-resina. *Acta Amazônica*, Manaus, 12, 1, 79-82, 1984. <https://doi.org/10.1590/1809-43921982121075>
- BORÉM, A. Impacto da biotecnologia na biodiversidade. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n34- ISSN 1414-6347, Rio Grande do Norte, 2005.
- BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. S. P. Manual de curadores de germoplasma – Vegetal: Caracterização morfológica. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 15p. – (Documentos/ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 312; Documentos/ Embrapa Amazônia Oriental, 378).
- CAMPELO, M. F.; LAMEIRA, O. A.; MOREIRA, R. K. V. P. P.; RAMIRE, A. C. S. Avaliação morfológica de Ananas comosus var. erectifolius (L. B. Smith) Coppens & F. Leal-Bromeliaceae, Research, Society and Development, v. 10, n. 9, e20010915284, 2021 - ISSN 2525-3409, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.15284>
- CASLER, M. D., VOGEL, K. P., TALIAFERRO, C. M., WYNIA, R. L. Latitudinal adaptation of switchgrass populations. *Crop Science*, 2004, 44, 1, 293-303.
- GALVÃO, C., org. Glossário. In: Vetores da doença de chagas no Brasil [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 261-265. Zoologia: guias e manuais de identificação series. ISBN 978-85-98203-09-6. Available from SciELO Books .
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Princípios de estatística em ecologia. Artmed Editora, 511p, 2016.
- GUEDES, M. G. M.; JÚNIOR, M. L. da S.; SILVA, G. R. da.; SILVA, A. L. P. da.; JÚNIOR, J. A. de L. Desenvolvimento inicial e composição mineral de copaíba cultivadas em latossolo amarelo, textura média, sob omissão de nutrientes. *Enciclopédia Biosfera*, Goiás, 7, 12, 1-13, 2011.
- HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal na Amazônia. Ed. Embrapa Amazônia Oriental. Belém- Pará, 472p, 2014.
- HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR., J. A. Forest Mensuration (4ª ed.). Nova York: John Wiley & Sons. 443p, 2003.
- IBM Corp. Lançado em 2020. IBM SPSS Statistics para Windows, Versão 27.0. Armonk, NY: IBM Corp
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ- IDESP. 2011. Estatística Municipal - Moju. <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/moju.pdf>.
- JÚNIOR, S. DE O. M.; SILVA, J. A. C.; SANTOS, K. P. O.; ANDRADE, J. R.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; caracterização morfológica e produtiva e suas correlações em cultivares de cana-de-açúcar. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, v. 16, n. 1, p. 31-42, 2018. DOI-<https://doi.org/10.28998/rca.v16i1.4060>
- LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; RIGAMONTE-AZEVEDO, C.; CAMPOS, C. A.; OLIVEIRA, A. Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba. Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 38 p. 2001.

LUCENA, R. F. P.; LUCENA, C. M.; CARVALHO, T. K. N.; FERREIRA, E. C. Plantas e animais medicinais da Paraíba: um olhar da etnobiologia e etnoecologia, Formato E-book, ISBN: 978-85-5597-054-2, 280 p. PB: Editora IESP - 2018.

MACHADO, M. H.; DUDEK, G.; LIMA, B. C.; MARTINS, A. G.; CARRÉ, V.; MISSIO, R. F. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de milho crioulo do Banco de Germoplasma da UFPR . Brazilian Journal of Development Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 10, p. 82646-82667, oct. 2020. DOI:10.34117/bjd6n10-626

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319 p, 1997.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; REIS, G. G.; MOREIRA, A. M. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de Pinus Taeda L. Revista Árvore, Minas Gerais, 32, 5, 855-860, 2008. DOI-<https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000500010>

PEREIRA, A. S., SHITSUKA, D. M., PARREIRA, F. B., & SHITSUKA, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica[recurso eletrônico[eBook]]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFMS. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf.

QUEMEL, G. K. C.; COSTA, A. B. P.; TEIXEIRA, I. F.; MACHADO, I. N.; MACHADO, T. N.; MACHADO, V. S. N.; OLIVEIR, N. C. L. Propriedades medicinais do óleo da Copaifera langsdorfii: uma revisão integrativa da literatura / Medical properties of Copaifera langsdorfii oil: an integrative literature review. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v.4, n.3, p.1049010508.2021 ISSN 25956825. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n3-072>

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato/Agrônômica. Ed. Ceres, Minas Gerais, 343p, 1991.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; WADT, P. G. S.; WADT, L. H. de O. Copaíba: ecologia e produção de óleo-resina. Rio Branco: Embrapa Acre, 28 p- ISSN 0104-9064, (Documentos, 91). 2004.

SILVA, G. R.; LIMA JÚNIOR, E. C.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA JÚNIOR, M. L. Crescimento do mogno (Swietenia macrophylla King.) em função da calagem. In: FERTBIO, Bonito. Anais... Bonito: UFMS, 2006

SOUZA, F. D. R. de O.; Manejo do óleo - resina de Copaifera spp. realizado pelas etnias Arara (Karo) e Gavião (Ikolen) na terra indígena Igarapé Lourdes, Rondônia. 86 f. Dissertação Mestrado-INPA, Manaus, 2010.

Capítulo 6



10.37423/230207208

ATIVIDADE FITOPATOGÊNICA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Elaine Cristina Pacheco de Oliveira

UFOPA

Christian Néri Lameira

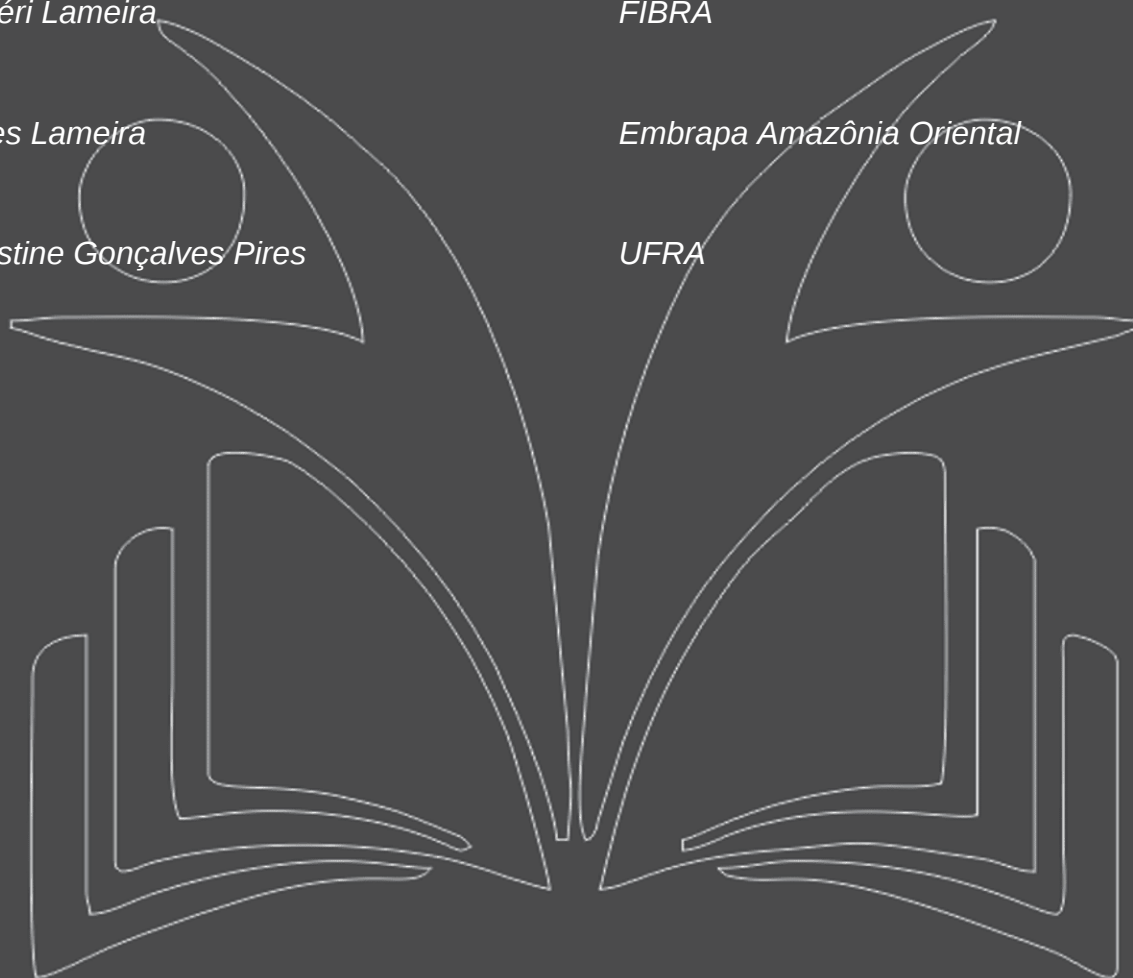
FIBRA

Osmar Alves Lameira

Embrapa Amazônia Oriental

Helaine Cristine Gonçalves Pires

UFRA



A presença de espécies fitopatógenas em vegetais é de extrema importância econômica, pois resulta em redução qualitativa e quantitativa da produção vegetal. Desde que o homem começou a cultivar plantas para sua alimentação, deu-se início um processo de desequilíbrio no ambiente de cultivo, que de certa forma favorece o surgimento de pragas e doenças (INNECCO, 2006). De uma maneira geral, as doenças causadas por fitopatógenos são provocadas principalmente por fungos, bactérias, nematóides e vírus, que além de provocarem perdas nas fases de pré e pós-colheita, depreciam a qualidade dos frutos, prejudicando a sua aparência e/ou alterando suas características físicas e químicas (JUNQUEIRA et al., 2006) e os fungos geralmente são difíceis de serem controlados com aplicação de fungicidas, seja eles convencionais ou alternativos.

A presença de espécies fúngicas patógenas a vegetais de grande interesse econômico resulta em indesejável redução na qualidade da produção vegetal. Para o combate desses agentes nocivos, utilizam-se substâncias químicas eficazes, se usadas de maneira racional, porém, quando exageradas, podem ser prejudiciais ao homem. Os diversos métodos de controle disponíveis à agricultura moderna, o controle químico é o mais usado, no entanto apresenta problema quanto à eficiência, custo e impacto negativo ao meio ambiente (HOOKER, 1980).

Na tentativa de minimizar a ação tóxica dessas substâncias faz-se necessário encontrar maneiras alternativas para minimizar a ação desses patógenos por meio de um controle biológico, utilizando compostos químicos extraídos de plantas. Assim, o uso de compostos químicos extraídos das plantas, se apresenta como uma proposta ambientalmente amigável (STANGARLIN et al., 1999).

Nas práticas de controle de patógenos é essencial o uso de defensivos com menor poder residual, entretanto, dificilmente esse fator torna-se possível com a aplicação de produtos químicos em frutas após a colheita. No Brasil há uma preocupação com a qualidade físico-química dos alimentos produzidos no campo, por isso, a legislação brasileira (Produção Integrada de Frutas e Produção Orgânica) proíbe o uso de agrotóxicos em pós-colheita, visando um sistema produtivo em conformidade com os requisitos da sustentabilidade ambiental, segurança alimentar e viabilidade econômica, de maneira que se disponha de técnicas menos agressivas ao meio ambiente e à saúde humana.

Apesar da imensa diversidade biológica amazônica, as espécies animais e vegetais que a compõem e suas relações filogenéticas, seus microrganismos e suas interações com outros seres ainda são pouco conhecidos (SOUZA et al., 2004). A produção de substâncias bioativas pelas plantas ocorre através de diferentes vias metabólicas, gerando grande número de compostos, muitos dos quais somente

identificados em determinados grupos de plantas e em concentrações variáveis (MARCANO et al., 2005).

De acordo com Raven et al. (2007) os compostos produzidos pelas plantas têm sido separados em metabólitos ou produtos primários e secundários, sendo os primários, por definição, moléculas que se encontram em todas as células vegetais e são necessárias para a vida da planta. Os metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais, por sua vez são compostos orgânicos que parecem não ter função direta no crescimento e desenvolvimento da planta. Os metabólitos secundários em geral não apresentam ação direta conhecida na fotossíntese, respiração, transporte de solutos, translocação, síntese de proteínas, assimilação de nutrientes, diferenciação ou síntese de carboidratos, proteínas e lipídios (TAIZE; ZEIGER, 2009).

Alguns pesquisadores discordam dessa definição de metabólitos secundário afirmando que estes, por fazerem parte de produtos relacionados efetivamente com o desenvolvimento e crescimento do vegetal, como os fitohormônios vegetais e carotenóides, não poderiam estar entre os produtos do metabolismo secundário, sendo a única justificativa para a divisão entre metabolismo primário e secundário o momento da produção, uma vez que o metabolismo secundário precisa dos produtos do primário para ser sintetizado, sendo que Larcher (2000) relatou que as substâncias bioativas vegetais, são o resultado final ou intermediário do metabolismo secundário, que tem como matéria-prima as substâncias originadas no metabolismo primário.

Na composição química das plantas medicinais, as substâncias denominadas metabólitos secundários podem atuar nas interações entre a espécie vegetal e o fitopatógeno, como ativador do sistema defensor da planta hospedeira ou diretamente contra os patógenos fúngicos. Os metabólitos secundários presentes nas plantas medicinais com bioatividade contra fungos geralmente apresentam caráter atóxico para humanos e animais, maior ação fungitóxica e menor fitotoxicidade quando comparados com os fungicidas sintéticos (SANTOS, 1996).

Silva et al. (1995) citam que algumas destas substâncias, que compõem os óleos essenciais, sintetizadas pelas plantas medicinais, são utilizadas em seres humanos por possuírem propriedades antimicrobianas. Estes mesmos compostos secundários podem representar para a planta diversas funções importantes como nas interações planta – planta(alelopatia), planta – animal (antiherbivoria) e planta – microrganismos patogênicos. Sob este último aspecto, tais compostos poderiam participar das respostas de defesa da planta em um patossistema natural, ou seja, na planta que os produz ou

em outros patossistemas, atuando como substâncias fungitóxicas a semelhança dos fungicidas sintéticos e por atuarem desta forma em seres humanos.

Bastos e Albuquerque (2004) relataram que com a restrição ao uso de fungicidas, devido à fitotoxicidade, efeitos residuais, espectro de ação e resistência pelo patógeno, tem-se procurado métodos alternativos de controle tais como uso de biofungicidas, extratos vegetais e óleos essenciais. Diversos estudos comprovam o potencial de plantas medicinais no controle de fitopatógenos tanto por sua ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela capacidade de induzir o acúmulo de fitoalexinas, o que torna os efeitos de óleos essenciais e fungicidas naturais que inibem a atividade fúngica (CHAO e YOUNG, 2000). O entendimento das propriedades antimicrobianas e/ou elicitoras dos compostos secundários presentes em plantas medicinais podem contribuir para a aquisição de novas técnicas de controle de doenças em cultivos (BONALDO et al., 2004).

Alguns trabalhos descrevem os sesquiterpenos, principalmente os lactônicos, extraídos de óleos essenciais, como metabólitos secundários que apresentam atividade fungitóxica reconhecida. Neste contexto cita-se a pesquisa de Harborne (1994), que confirmou a ação fungitóxica dessas moléculas, demonstrando que 62% dos metabólitos testados apresentaram atividade inibitória parcial e que metade apresentou elevada atividade inibitória contra fungos patogênicos.

Segundo Fischer et al. (2007) o uso de métodos de controle fitossanitários em pós-colheita devem ser adotados visando a obtenção de frutos de qualidade. Assim, a aplicação de produtos naturais com ação antibiótica ou antifúngica como a oleorresina de copaíba, dentre outros, podem proporcionar um controle satisfatório de doenças pós-colheita.

Entre os inúmeros espécimes vegetais da flora brasileira de uso diverso e que apresenta substâncias químicas biologicamente ativas, o gênero *Copaifera*, compreende diversas espécies produtoras de uma oleorresina extraído do tronco das árvores de grande porte, encontradas principalmente na Amazônia e na região nordeste do Brasil (VEIGA JUNIOR e PINTO, 2002). A oleorresina extraído é conhecido popularmente como óleo ou bálsamo de copaíba (MACIEL et al., 2002). Barata (1997) caracterizou a oleorresina de copaíba como proveniente da decomposição das paredes das células no interior do tronco da árvore.

A oleorresina de copaíba tem sido, utilizado pelas comunidades tradicionais como anti-inflamatório, cicatrizante e no tratamento de doenças fúngicas em humanos, de modo que, essa oleorresina também possa ser usado no controle de doenças causadas por fungos na pós-colheita, tais como, antracnose em frutos de maracujá. O uso da oleorresina de copaíba é relatado com frequência no

controle fitoterápico, *in vitro* e em planta, propondo que seu uso está em evidência, e que podem corresponder as expectativas (COITINHO, et al., 2006 e LAMEIRA, et al., 2006).

Atualmente, constata-se que o óleo de copaíba vem sendo vendido em muitas farmácias de todo o país, adulterados com óleos vegetais, principalmente o de soja. Um trabalho conjunto da Vigilância Sanitária deveria ser estimulado, no sentido de fiscalizar a venda dos fitoterápicos/fitoquímicos e combater os falsificadores (BARBOSA et al., 2009).

O óleo de copaíba é constituído de dois grupos de substâncias distintas, solúveis entre si, sendo um constituído de substâncias voláteis, correspondendo a cerca de 90% de massa da oleorresina e outro grupo constituído de substâncias não voláteis, resinosa de cor caramelo que começa a ser decomposta à temperatura próxima de 300°C, e que corresponde a 10% da massa total da oleorresina (VEIGA JUNIOR et al., 1997). O óleo essencial de copaíba tem como princípios ativos o ácido copaívico, α -cubeno, β -cariofileno e α -humuleno, segundo o fabricante.

De acordo com Veiga Júnior e Pinto (2002) o óleo de *Copaifera officinalis* é composto por sesquiterpeno, o ácido copálico. Sant' Anna et al. (2007) reportaram que esse óleo ainda contém δ -cadineno (1,9%), δ -cadinol (0,9%), óxido decariofileno (0,2%), (Z)- α -santalol (0,2%), α -cadinol (0,1%) e τ -muurolol. Veiga Júnior e Pinto (2002) referiram que na região Amazônica o uso do óleo de copaíba é extensivo sendo utilizada por toda a população, podendo ser encontrada em mercados populares.

O óleo do gênero *Copaifera* está ligado também às atividades bactericidas, antiinflamatória e antifúngica. Diversas substâncias foram identificadas no óleo desta espécie, e estão presentes na sua composição química, entre eles podemos citar os β -bisaboleno e β -cariofileno (OLIVEIRA et al., 2006). Estes sesquiterpenos possuem atividades antiinflamatória e antifúngicas, permitindo que o óleo de copaíba possa ser usado no controle de fitopatógenos (VEIGA JUNIOR e PINTO, 2002).

O óleo de copaíba controla o crescimento micelial de fitopatógenos *in vitro*, de modo que a eficácia é proporcional à concentração utilizada. Esse controle se deve a presença de diterpenos (ácido copálico) e ácido caurenóico, também responsáveis pela atividade antimicrobiana conferida pelo óleo de copaíba (LAMEIRA et al., 2006). Trabalhos conduzidos por Oliveira (2004), em testes *in vitro* com oleorresina de *Copaifera* sp, demonstraram a inibição do crescimento micelial de fitopatógenos do gênero *Rhizoctonia*.

Amorim et al. (2004) avaliaram a fungitoxicidade dos extratos foliares hexânico e metanólico do óleo de copaíba por meio de ensaios biológicos contra os fitopatógenos *Colletotrichum gloeosporioides* e *Bipolaris sorokiniana* e demonstraram que o extrato metanólico apresentou uma tendência à redução

de 32% contra o *B. sorokiniana*, ao passo que o hexânico foi eficaz para ambos os fitopatógenos, apresentado uma tendência à redução de 49% para o *B. sorokiniana* e 18% para o *C. gloeosporioides*. Coitinho et al. (2006) comprovaram que esse óleo tem ação larvícida/ovicida sobre *Sitophilus zeamais*, um coleóptero, enquanto Freire et al. (2006) comentaram sobre sua atividade em forídeo. Pesquisas indicaram um controle satisfatório em *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsi*, *Macrophomia phaseolina*, *Bipolares sorokiniana* e em *Colletotrichum gloeosporioides*, mostrando uma ampla atividade antifúngica ligada aos compostos presente no óleo de copaíba (OLIVEIRA et al., 2006).

Trabalhos conduzidos por Lameira e Lameira (2009) com oleorresina de *Copaifera reticulata* demonstraram que as concentrações utilizadas no controle do crescimento micelial *in vitro* dos fitopatógenos *S. coffeicola* (Figura 1) e *Curvularia* sp, *Pestalotia* sp, *P. palmivora* (Figura 2) mostraram redução do crescimento das colônias dos patógenos em relação à testemunha, sendo que a concentração de 0,5% foi a mais eficiente.

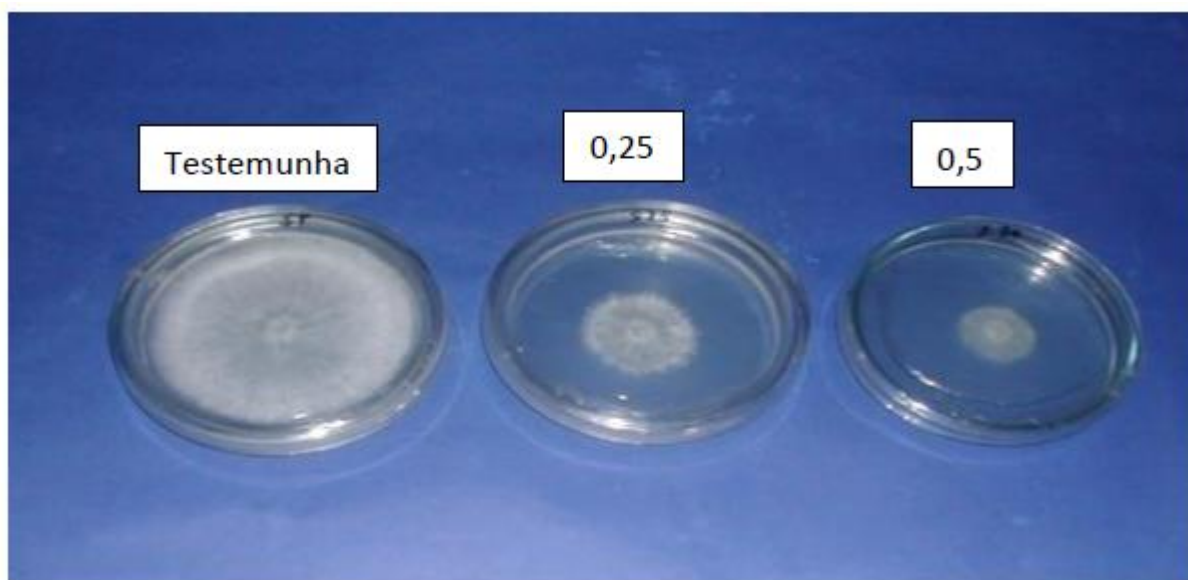


Figura 1 – Crescimento micelial *in vitro* de *Sclerotium coffeicola* em meio de cultura BDA sintético tratado com oleorresina de *Copaifera reticulata* nas concentrações de 0,25 e 0,5% e Testemunha.

Autor: Christian Lameira

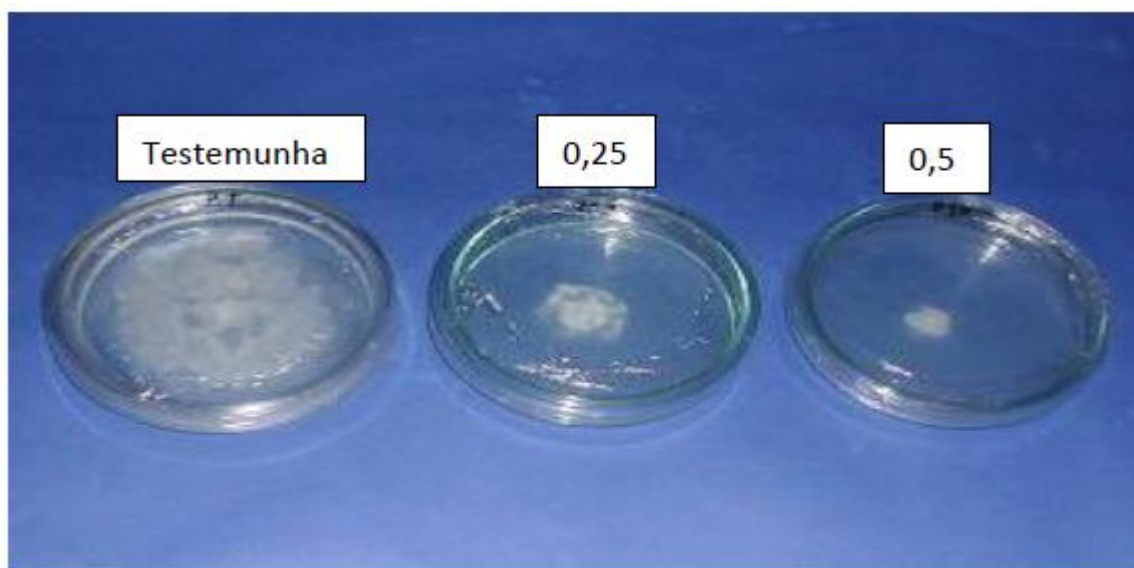


Figura 2 – Crescimento micelial *in vitro* de *Phytophthora palmivora* em meio de cultura BDA sintético tratado com oleorresina de *Copaifera reticulata* nas concentrações de 0,25 e 0,5% e Testemunha.

Autor: Christian Lameira

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, A.C.L.; CARDOSO, M. das G.; PINTO, J.E.B.P.; SOUZA, P.E. de; FILHO, N.D. Fungitoxic activity avaliation of the hexane and methanol extracts of copaiba plant leaves *Copaifera langsdorffii* Desfon. *Ciência Agrotécnica*, v. 28, n. 2, p. 314-322, mar./abr., 2004.
- BARATA, L.E.S. *Copaíba: propriedades farmacológicas, etnofarmacologia, usos*. Rio de Janeiro: GEF/Instituto Pró-Natura, (Relatório, 1), 1997.
- In:<http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/evaluation.html>. Acesso: 16/09/2006.
- BARBOSA, K.S.; YOSHIDA, M.; SCUDELLER, V.V. Detection of adulterated copaiba (*Copaifera multijuga* Hayn e) oil resins by refractive index and thin layer chromatography. *Revista Brasileira Farmacognesia*, v.19, p. 57-60. 2009.
- BASTOS, C.N.; ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. *Fitopatologia Brasileira*. v.29, p. 555-557. 2004.
- BONALDO, S.M.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; STANGARLIN, J.; TESSMANN, D.; SCAPIM, C.A. Fungitoxidade, atividade elicitor de fitoalexinase e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium*, pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.29, n.2, p.128-134, 2004.
- CHAO, S.C.; YOUNG, D.G. Screening for inhibitory activity of essential oils ou selected bacteria, fungi and viruses. *Journal Essential Oil Research*, [S.l.], v. 12, p. 630–649, 2000.
- COITINHO, R.L.B.C.; OLIVEIRA, J.V.; GONDIM JUNIOR, M.G.C., CÂMARA, C.A.G. Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. *Revista Caatinga*. v.19, p. 176-182. 2006.
- FISCHER, I.H.; ARRUDA, M.C. de; ALMEIDA, A.M. de; GARCIA, M.J. de M.; JERONIMO, E.M.; PINOTI, R.N.; BERTANI, R.N. de A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no centro oeste paulista. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 254-259, ago. 2007.
- FREIRE, D.C.B.; BRITO-FILHA, C.R.C.; CARVALHO-ZILSE, G.A. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapasp.*) e copíba (*Copaifera* sp.) sobre forídeo, pragas de colméias, (*Dipetera pharidae*) na Amazônia central. *Acta Amazônica*. v.36, p.365-368. 2006.
- HARBORNE, J.B. Plant phenolics In: MANN, J.; DAVISON, R.S.; HOBBS, J.B.; BANTHORPE, D. V.; HARBONE, J.B. (Ed). *Natural products: their chemistry and biological significance*. Essex: Longman, 1994. 212p.
- HOOKE, W. *Compendio de enfermedades de la papa*. Centro Internacional de la papa, Lima. 1980, 166p.
- INNECCO, R. Uso de óleos essenciais como defensivo agrícola. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 98, Belém, 2006, Palestras... Embrapa: Belém, 2006, p. 158.

JUNQUEIRA, N.T.V.; JUNQUEIRA, K.P.; BRAGA, M.F.; SILVA, D.G.P.da. Potencial de defensivos de origem vegetal e mineral para o controle de doenças em frutíferas tropicais. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 52, Belém, 2006, Palestras... Embrapa: Belém, 2006, p. 158.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LAMEIRA, C.N.; LAMEIRA, O.A. Inibição do crescimento micelial in vitro de *Cylindrocladium* sp, *Curvularia* sp, *Phytophthora palmivora*, *Sclerotium coffeicola* E *Thielaviopsis* sp por oleorresina de *Copaifera reticulata* Ducke. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. Botucatu, v.22, n.4, 2017.

LAMEIRA, O.A.; OLIVEIRA, E.C.P.; ZOGHIBI, M.G.B. Determinação da época de coleta do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46, Goiânia....Anais. p.1-4, 2006, CD-ROM.

MACIEL, M.A.M; PINTO, A.C.; VEIGA Junior, V.F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. Química Nova, v.25. n.3. p.429-438, 2002.

MARCANO, D.A.de; VARGAS, N.; PIRE, A. Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. Revista Faculdade Agronomia (LUZ), v. 22, p. 315-323. 2005.

OLIVEIRA, E.C.P. Identificação da época de coleta do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Mojú, PA e avaliação na inibição do crescimento micelial in vitro de fitopatógenos. Belém: UFRA, Dissertação. 2004. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

OLIVEIRA, E.C.P. de; LAMEIRA, O.A.; BARROS, P.L.C. de; POLTRONIERE, L.S. Avaliação do óleo de copaíba (*Copaifera*) na inibição do crescimento micelial in vitro de fitopatógenos. Revista de Ciências Agrárias, Belém, PA, n. 46, p. 53-61, jul./dez. 2006.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Biologia vegetal. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 856p. 2007.

SANT'ANNA, B.M.P.; FONTES, S.P., PINTO, A.C., REZENDE, C.M. Characterization of wood odorant contributors in copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne). Journal Brazilian Chemical Society. v. 18, p.984-989. 2007.

SANTOS, M.M.F.B.dos. Efeito de extratos de duas formas de *Lippia alba* sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.), isolado de *Citrus* sp. Piracicaba: ESALQ, 1996. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências).

SILVA, I.; MIRANDA NETO, M.H.; FRANCO, S.L.; CARDOSO, M.L.C.; MOLINARI, S.L.; SANT'ANA, D.M.G.; CONEGERO, C.I.; IWANKO, N.S. Noções sobre o organismo humano e utilização de plantas medicinais. Cascavel, Assoeste, 1995, 203p.

SOUZA, A.Q.L.de.; SOUZA, A.D.L.de.; FILHO, S.A.; PINHEIRO, M.L.B.; SARQUIS, M.I.M.de.; PEREIRA, J.O. Atividade antimicrobiana de fungos endofíticos isolados de plantas tóxicas da Amazônia: *Palicourea longiflora* (Aubl.) Rich e *Strychnos cogens* Benth. Acta Amazônica, v.34, n.2, p.185, 2004.

STANGARLIN, J.R.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; CRUZ, M.E.S.; NOZAKI, M.H. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. Biotecnologia: Ciência & Desenvolvimento. n.11, p.16-21, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VEIGA-JÚNIOR V.F.; PATITUCCI, M.L.; PINTO, A.C. Controle de autenticidade de óleo de copaíba comerciais por cromatografia gasosa de alta resolução. Química Nova, v.20, p.612-615, 1997.

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

Capítulo 7



10.37423/230207209

USO DA OLEORRESINA DE COPAÍBA

Cristian Néri Lameira

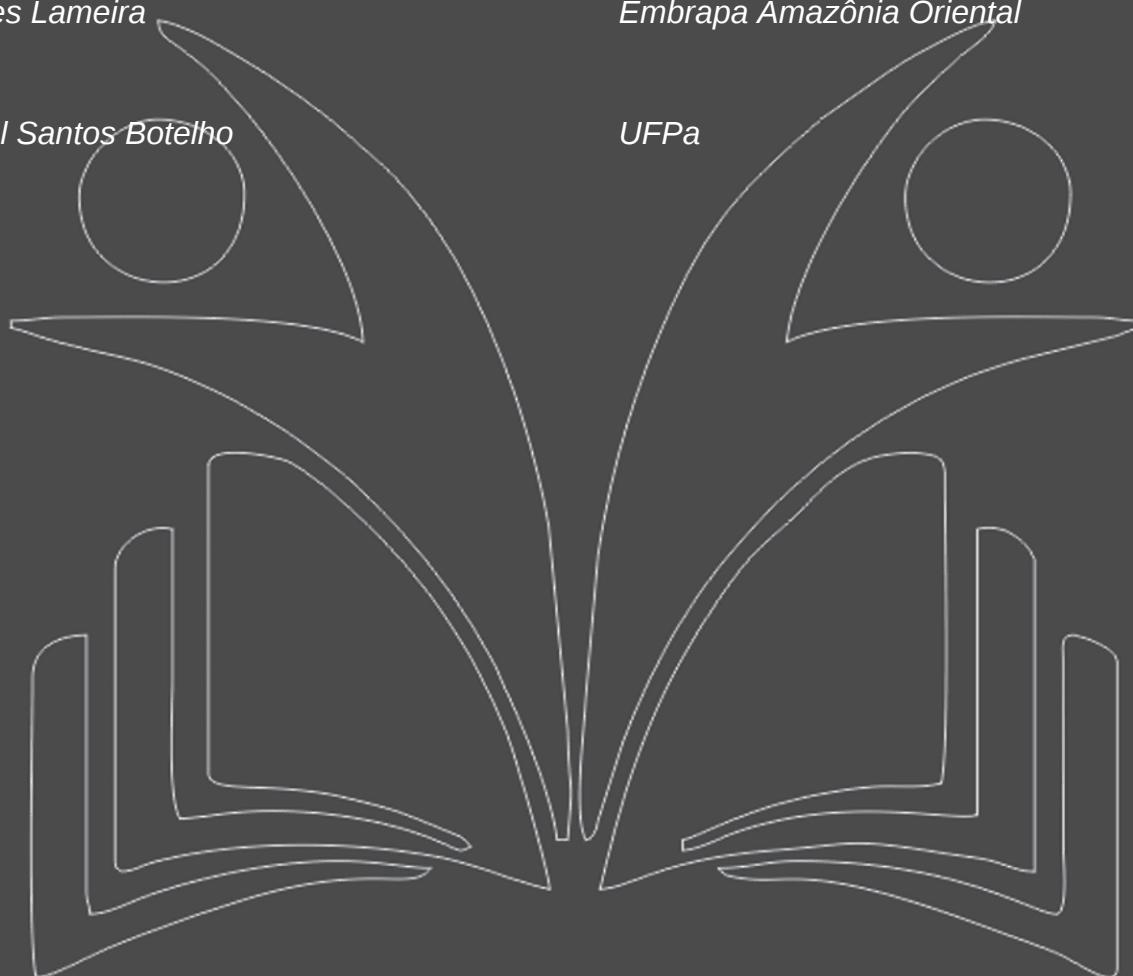
FIBRA

Osmar Alves Lameira

Embrapa Amazônia Oriental

José Rafael Santos Botelho

UFPA



Entre os inúmeros espécimes vegetais da flora brasileira de uso diverso e que apresenta substâncias químicas biologicamente ativas, cita-se o gênero *Copaifera*, compreendendo diversas espécies produtoras de uma oleorresina extraído do tronco das árvores de grande porte, encontradas principalmente, na Amazônia e na região nordeste do Brasil (VEIGA Junior & PINTO, 2002). Das utilidades destinadas à árvore de copaíba destacam-se: o uso de seu tronco pela indústria madeireira e da oleorresina para fins medicinais, cosméticos, inseticidas e industriais (NELSON, 1987; CARVALHO, 1994).

A oleorresina é extraído do tronco das árvores de diversas espécies do gênero, sendo conhecido popularmente como óleo ou bálsamo de copaíba (MACIEL et al., 2002). A parte utilizada é a resina, extraída mediante cortes feitos no caule (ALONSO, 1998). A oleorresina de copaíba é um líquido translúcido e consistente que difere de cor conforme a espécie, variando do amarelo-claro ao marrom, sabor amargo e odor aromático, insolúvel em água e parcialmente solúvel em álcool (DUCKE, 1939). Os principais componentes do óleo de copaíba são: α -cubeno, de 2,9 a 3,2%; α -copaeno de 7,9 a 18,7%; β -cariofileno de 46,1 a 47,0%; α -humuleno de 5,4 a 5,6%; β -bisaboleno de 5,9 a 6,1%; cadineno de 6,0-6,2%; entre outros compostos não identificados, que gira em torno de 13,5% (SOARES et al., 2003; CASCON & GILBERT, 2000).

Estudos fitoquímicos mostram que os óleos de copaíba são misturas de sesquiterpenos e diterpenos. O ácido copálico e os sesquiterpenos β -cariofileno e o α -copaeno são os principais componentes do óleo. O ácido copálico, encontrado em todos os óleos de copaíba até hoje estudados, talvez possa vir a ser usado como um biomarcador para a autenticidade desses óleos (SOARES et al., 2003). Pois, atualmente, constata-se que os óleos de copaíba vêm sendo vendido adulterado com óleos vegetais, principalmente o de soja. Um trabalho conjunto da Vigilância Sanitária deve ser estimulado, no sentido de fiscalizar a venda e combater os falsificadores (SOARES et al., 2003; BARBOSA et al., 2009).

Segundo Agra et al. (2007; 2008), as indicações etnofarmacológicas mais usuais do óleo de copaíba são: a) vias urinárias: antiblenorrágico, anti-inflamatório, antigonorréico, antisséptico, estimulante e no tratamento de cistite, incontinência urinária e sífilis; b) vias respiratórias: antiasmático, expectorante, no tratamento de bronquite, inflamação da garganta, hemoptise, pneumonia e sinusite; c) infecções da derme e mucosa: dermatites, eczemas, psoríases e ferimentos; d) úlceras e feridas do útero; e) outras finalidades: antirreumático, antitumoral, tratamento de leishmaniose e da leucorreia, entre outras.

Em 1972, o Food and Drug Administration, órgão americano regulamentador de drogas, aprovou o óleo de copaíba, após ser submetido a testes de sensibilização e irritação, com o uso de 25 voluntários, obtendo-se resultado negativo para ambos (VEIGA Junior & PINTO, 2002). As ações farmacológicas da oleorresina de *Copaifera* estão relacionadas às atividades antimicrobianas (ARRHENIUS & LANGENHEIM, 1983), anti-inflamatória, principalmente do sistema respiratório (BASILE et al., 1988) e urinário (PAIVA et al., 2003), gastroprotetora, antitumoral e tripanossomicida (CASCON et al., 2000), além de atividade larvicida da oleorresina contra *Culex quinquefasciatus* (Say) (SILVA et al., 2003).

Mendonça & Onofre (2009), em seus estudos sobre atividade antimicrobiana da oleorresina de copaíba sobre as cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, e utilizando como padrões os antibióticos amoxicilina (AMO-10 mg/disco), cloranfenicol (CLO-30 mg/disco) e tetraciclina (TET-30 mg/disco). Determinaram que o óleo de copaíba possui capacidade de inibir o crescimento das três bactérias avaliadas, resultado semelhante ao obtido por Bloise (2003) e por Biavatti et al. (2006).

Apesar do amplo uso pela população, dos estudos sobre a ação terapêutica da oleorresina de copaíba, é sobre a sua toxicidade que os estudos são contraditórios. Sachetti et al. (2009), avaliando a toxicidade aguda e o potencial neurotóxico do oleorresina em ratas Wistar, demonstraram que os resultados obtidos mostraram que nestas doses não houve sinais clínicos de toxicidade ou neurotoxicidade, alteração no consumo de ração ou alteração no peso corpóreo. A dose letal aguda foi estimada como maior que 2000 mg/kg *pc* e classificada como categoria 5, segundo o Guia OECD 423. Estes resultados indicam que existe uma relativa margem de segurança para o uso da oleorresina de copaíba como agente terapêutico, embora estudos toxicológicos adicionais sejam ainda necessários, principalmente com a administração repetida de baixas doses.

A administração de 500 mg/kg peso corpóreo do oleorresina (*Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke) em camundongos por via oral não foi relacionada a alterações comportamentais, perda dos reflexos a luz, aumento ou diminuição da ingestão de água e ração e lesões ou hemorragias no estômago (GOMES et al., 2007), ainda segundo os estudo realizados por Paiva et al. (1998), comprovou o potencial gastroprotetor de *Copaifera langsdorffii* em ratos.

Basile et al. (1988), observaram efeito anti-inflamatório, ao compararem o efeito do óleo de copaíba ao da fenilbutazona cálcica, um anti-inflamatório não esteroide (AINE), concluíram que o óleo apresentava eficácia anti-inflamatória comparável a este. Resultado semelhante foi obtido por Fernandes et al. (1992) em estudo posterior.

Estudos realizados visando analisar a histologia da bexiga de ratos após administração do óleo de copaíba constataram que de acordo com o tempo de experimento, forma de administração e dosagens utilizadas, o óleo de copaíba tanto na sua dose terapêutica como na subletal não foi capaz de promover alterações histológicas na bexiga de ratos (BRITO *et al.*, 1999). Por outro lado, Souza *et al.* (2000) observaram que a administração de 0,4 mL da oleorresina pela via transdiafragmática ocasionou diarreia, piloereção e hemorragia nos animais tratados, assim como as alterações gastrológicas em ratos, observado nos estudos realizados por Brito *et al.* (2001).

Estudos avaliando a atividade anti-leishmaniose com oito tipos diferentes de óleo de copaíba, demonstrou que o óleo de *C. reticulata* teve maior atividade para promastigota, amastigota axênicas e formas amastigotas intracelulares, respectivamente. A avaliação citotóxica obtida do óleo de *C. reticulata* é que apresentou atividade significativa em parasitas de *Leishmania amazonense* (SANTOS *et al.*, 2008).

A atividade cicatrizante da oleorresina de *C. langsdorffii*, foi avaliada em feridas excisadas, que após aplicação tópica da oleorresina, acelerou a contração da ferida aberta, (PAIVA *et al.*, 2002), assim como, promove a cicatrização e previne a formação de úlceras gástricas, por possível ação antioxidante e um mecanismo de peroxidação lipídica (PAIVA *et al.*, 2004). Já a avaliação da oleorresina de *C. multijuga* e suas frações na inibição da metástase pulmonar e tumor de crescimento induzido por células de melanoma em camundongos e citotoxicidade *in vitro*, demonstraram que este óleo e suas frações têm atividade antitumoral na linha de células de melanoma em ambos os modelos *in vivo* e *in vitro* (LIMA *et al.*, 2003).

Estudos farmacológicos avaliando a atividade anti-nociceptiva de *C. multijuga* e *C. reticulata*, por administração via oral e usando modelos periféricos, espinhal e supraespinhal, indicaram que os óleos apresentaram efeito anti-nociceptivo periférico e central (GOMES *et al.*, 2007). Os trabalhos conduzidos por RIO (2001) com oleorresina de copaíba, demonstrou nos modelos estudados a atividade anti-inflamatória das frações sesquiterpênica e diterpênica.

O extrato das folhas da copaibeira tem sido apontado com uma possível atividade antioxidante, função não comprovada na oleorresina (VEIGA Junior & PINTO, 2002; ARAÚJO Júnior, 2005). Outras ações têm sido descobertas, como a de vasorrelaxante, citotóxico e embriotóxico (COSTA-LOTUFO, 2002), com o isolamento do diterpeno, ácido caurenóico, e que acumula também atividades anti-inflamatória e protetora de colite induzida por ácido acético (PAIVA *et al.*, 2004). Além disso, pesquisas apontam o óleo de copaíba para o campo da Odontologia, como substituto do eugenol e na mistura com o óxido

de zinco, na formulação do cimento endodôntico, para obturações de canais radiculares, com vantagens sobre a formulação usual, por produzir menor irritação (COSTA, 1996; RIBEIRO, 1989).

Estudos realizados recentemente veiculando a oleorresina de copaíba para uso como creme vaginal, demonstrou que o mesmo não apresenta toxicidade materna, embriofetotoxicidade, não interfere na performance reprodutiva, não apresentou formação de anomalias e nem malformações externas (LIMA, 2009), resultado semelhante foi obtido em estudo anterior (LOURENÇO et al., 2008a; LOURENÇO et al., 2008b)

Já Muniz (2009) confirmou em seus estudos a atividade anti-inflamatória da oleorresina de copaíba da *C. reticulata* pelo modelo do edema de pata induzido por carragenina, ainda que os resultados demonstraram que o óleo de copaíba desenvolveu atividades antinociceptiva periféricas. Todas as informações indicam que a oleorresina de copaíba, é potencialmente importante como fonte de princípios ativos em farmacologia necessários a pesquisas científicas de identificação de mecanismos de ação farmacológica isolada dos princípios ativos contidos em seu composto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, M.F; FRANÇA, P.F; BARBOSA Filho, J.M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. *Revista Brasileira Farmacognesia*, v.17, p.114-140. 2077.
- AGRA, M.F; SILVA, K.N; BASÍLIO, I.J.L.D; FRANÇA, P.F; BARBOSA Filho, J.M. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. *Revista Brasileira Farmacognesia*, v.18, p.472-508. 2008.
- ALONSO, J.R. Tratado de fitomedicina. Isis Ediciones SRL: Buenos Aires, 1998.
- ARAÚJO Júnior, F.A. Efeito do óleo de copaíba nas aminotransferases de ratos submetidos à isquemia e reperfusão hepática com e sem pré-condicionamento isquêmico. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v.20, n.1, p.93-9, 2005.
- ARRHENIUS, S.P; LANGENHEIM, J.H. Inhibitory effects of *Hymenaea* and *Copaifera* leaf resins on the leaf fungus *Pestalotia subcuticularis*. *Biochemistry System Ecology*, v.11. p.361-366, 1983.
- BARBOSA, K.S; YOSHIDA, M; SCUDELLER, V.V. Detection of adulterated copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oilresins by refractive index and thin layer chromatography. *Revista Brasileira Farmacognesia*, v.19, p.57-60. 2009.
- BASILE, A; SERTIE, J; FREITAS, P; ZANINI, A. 1988. Anti-inflammatory activity of oleoresin from brazilian *copaifera*. *Journal Ethnopharmacol*, v.22, p.101-109. 1988.
- BIAVATTI, M.W; DOSSIN, D. DESCHAMPS, F.C; LIMA, M.P. Análise de óleos-resinas de copaíba: contribuição para o seu controle de qualidade. *Revista Brasileira Farmacognesia*,v.16, p.230-235. 2006.
- BLOISE, M.I. Óleos vegetais e especialidades da floresta Amazônica. *Cosmetics & Toiletries*, v.15, p.46-49. 2003.
- BRITO, M.V.H; BRITO, N.M.B; CRUZ, M.M.S; OLIVEIRA, R.V.B; SILVA, T.B; REIS, J.M.C. Estudo histológico da bexiga de ratos após administração de óleo de copaíba. *Revista Paraense de Medicina*, v.13, n.3, p.:20-24. 1999.
- BRITO, N.M.B; KULAY Junior, L; SIMÕES, M.J; LAMEIRA, O.A; LAMARÃO, L.G; DAMOUS, S.H.B. Aspectos morfológicos e morfométricos do colo uterino de ratas ooforectomizadas após aplicação de óleo de copaíba. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, v.22, n.8, p.489-493. 2001.
- CARVALHO, P.E. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa-SPI, 1994. 640p.
- CASCON, V; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. *Phytochemistry*, v.55, p. 773-778. 2000.
- CASCON, V.; GILBERT, B.; ARAUJO, G.L.; ROCHA, L.M.; TEIXEIRA, L.A.; CARVALHO, E.S. Avaliação da atividade antimicrobiana de óleo resina de *Copaifera* spp. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 16. Recife, 2000, Resumos. UFPE: Recife, 2000, p.223.

COSTA, C.A.S. Estudo preliminar de compatibilidade biológica dos cimentos de óxido de zinco e copaíba e óxido de zinco e eugenol: avaliação histológica de implantes subcutâneos em ratos. Revista de Odontologia UNESP, v.25, n.1, p.19-26, 1996.

COSTA-LOTUFO, L.V. The cytotoxic and embryotoxic effects of kaurenoic acid, a diterpene isolated from *Copaifera langsdorffii* oleo-resin. Toxicon, v.40, n.8, p.1231-4, 2002.

DUCKE, A. As leguminosas da Amazônia brasileira. Ministério da Agricultura: Rio de Janeiro, 1939. p.56.

FERNANDES, R.M; PEREIRA, N.A; PAULO, L.G. Anti-inflammatory activity of copaiba balsam (*Copaifera cearensis* Huber). Rev Bras Farmacol., v.73, p.53-6. 1992

GOMES, N.M; REZENDE, C.M; FONTES, S.P; MATHEUS, M.E; FERNANDES, P.D. Antinociceptive activity of amazonian copaiba oils. Journal Ethnopharmacol, v.109, p.486-492. 2007.

LIMA, C.S. Aproveitamento de recursos naturais: estudo da performance reprodutiva com a aplicação do óleo de copaíba (*Copaifera duckei* Dwyer) veiculado em creme vaginal. Universidade Federal do Amapá. Dissertação (Mestrado). 65p. 2009.

LIMA, S.R; JUNIOR, V.F; CHRISTO, H.B; PINTO, A.C; FERNANDES, P.D. In vivo e in vitro sobre a atividade anticancerígena de *Copaifera multijuga* Hayne e suas frações. Phytotherapy Research, v.17, n.9, p.1048-1053. 2003.

LOURENÇO, A.C.S; MIGUEL, L.K; FARIA, M.J.S.S. Efeitos do óleo de copaíba na teratogenicidade causada pela exposição à ciclofosfamida em camundongos. In: I CONGRESSO DE TOXICOLOGIA CLÍNICO-LABORATORIAL. Porto Alegre/RS. 2008a.

LOURENÇO, A.C.S; MIGUEL, L.K; FARIA, M.J.S.S. Toxicidade da ciclofosfamida no desenvolvimento intrauterino de camundongos e efeito protetor do óleo de copaíba. In: I CONGRESSO DE TOXICOLOGIA CLÍNICO-LABORATORIAL. Porto Alegre/RS. 2008b.

MACIEL, M.A.M; PINTO, A.C.; VEIGA Junior, V.F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. Química Nova, v.25. n.3. p.429-438, 2002.

MENDONÇA, D.E; ONOFRE, S.B. Atividade antimicrobiana do oleorresinaproduzido pela copaiba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). Revista Brasileira Farmacognesia, v.19, p.577-581. 2009.

MUNIZ, J.W.C. Estudo da ação anti-inflamatória do oleorresinade *Copaifera reticulata* em modelos farmacológicos experimentais em camundongo. Instituto de Ciências Biológicas, UFPA. Tese (Doutorado), 137 p. 2009.

NELSON, B.W. O gênero *Copaifera*, fonte de óleo-resina. In: PRANCHE, G.T. Botânica econômica de algumas espécies amazônicas: abiu, açaí, araçá-boi, buriti, camu-camu, cubiu, copaíba, piaçava, pataúá, pupunha, sorva, e tucumã. Manaus: [s.n.], 1987. 898 p. Relatório de Pós-graduação em Botânica.

PAIVA, L.A; RAO, V.S; GRAMOSA, N.V; SILVEIRA, E.R. Gastroprotective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin on experimental gastric ulcer models in rats. Journal of Ethnopharmacology, v.62, n.1, p.73-78. 1998.

PAIVA, L.A; CUNHA, K.M. de A; SANTOS, F.A; GRAMOSA, N.V; SILVEIRA, E.R; RAO, V.S. Investigation on the wound healing activity of oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Phytotherapy Research*, v.16, n.8, p.737-9. 2002.

PAIVA, L.A; GURGEL, L.A; SILVA, R.M; TOMÉ, A.R; GRAMOSA, N.V; SILVEIRA, E.R; SANTOS, F.A; RAO, V.S.N. Antiinflammatory effect of kaurenoic acid, a diterpene from *Copaifera langsdorffii* on acetic acid-induced colitis in rats. *Vasc. Pharmacology*, v.39, p.303-307. 2003.

PAIVA, L.A; GURGEL, L.A; CAMPOS, A.R; SILVEIRA, E.R; RAO, V.S. Attenuation of ischemia/reperfusion-induced intestinal injury by oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Life Sciences*, v.75, n.16, p.1979-87. 2004.

PAIVA, L.A.F. Protective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin against acetic acid-induced colitis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v.93, n.1, p.51-6. 2004.

RIBEIRO, A. Avaliação do potencial irritativo do óleoresina de copaíba (substituto do eugenol) na fase exsudativa do processo inflamatório. Faculdade de Odontologia, USP/Bauru. Tese (Doutorado) 77p. 1989.

RIO, R.G.W. do; Atividade anti-inflamatória, toxicidade e fitoquímica do oleorresinade copaíba, proveniente de diferentes espécies, e de suas respectivas frações. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP. Tese (Doutorado) 130p. 2001.

SACHETTI, C.G; FASCINELLI, M.L; SAMPAIO, J.A; LAMEIRA, O.A; CALDAS, E.D. Avaliação da toxicidade aguda e potencial neurotóxico do oleorresina de copaíba (*Copaifera reticulata* Ducke, Fabaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.19, n.4, p.937-941. 2009.

SANTOS, A.O; UEDA-NAKAMURA, T; DIAS Filho, B.P; VEIGA Junior, V.F; PINTO, A.C; NAKAMURA, C.V. Effect of Brazilian copaiba oils on *Leishmania amazonensis*. *Journal of Ethnopharmacology*, v.120, n.2, p.204-208. 2008.

SILVA, G.S.; DOIHARA, I.P. Uma técnica para obter abundante esporulação de *Phytophthora palmivora*. *Fitopatologia Brasileira*, v.28, n.5, p.568. 2003.

SOARES, J.G; VAREÃO, M.J.C; WOLTER Filho, W; MOURÃO, A.P; CRAVEIRO, A.A.R; ALENCAR, J.C. Estudo químico de óleos essenciais, oleaginosas e láticas da Amazônia I. Composição e oxidação do óleo de uma espécie de *Copaifera*. *Acta Amazonica*, v.9, p.65-59. 2003.

SOUZA Júnior O.G; GARCIA, L.G; DAMOUS, S.H. Colite induzida por ácido acético e tratada com enema de oleorresinade copaíba. *Anais Faculdade Medicina Universidade Federal Pernambuco*, v.45, p.131-135. 2000.

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

COPAÍBA

(Copaifera spp.)

 conhecimentolivre.org/home
 contato@conhecimentolivre.org
 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)

Osmar Alves Lameira



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE