



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAIO ARAÚJO LESSA

PERFIL QUÍMICO DA MADEIRA DE *Libidibia ferrea* (Mart. Ex. Tul.) L. P. Queiroz

Prof^ª. Dr^ª. Natália Dias de Souza
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
JULHO - 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAIO ARAÚJO LESSA

PERFIL QUÍMICO DA MADEIRA DE *Libidibia ferrea* (Mart. Ex. Tul.) L. P. Queiroz

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof^ª. Dr^ª. Natália Dias de Souza
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
JULHO - 2024

PERFIL QUÍMICO DA MADEIRA DE *Libidibia ferrea* (Mart. Ex. Tul.) L. P. Queiroz

CAIO ARAÚJO LESSA

APROVADA EM: 17/07/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Natália Dias da Silva – UFRRJ
Orientador

Ma. Jaqueline Rocha de Medeiros – UFRRJ
Membro

Eng. Florestal Rickson Alves Marques de Oliveira – UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por todo o apoio, estrutura e conhecimentos fornecidos durante meu tempo de graduação.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico, pela oportunidade, pela bolsa e pelo auxílio durante a pesquisa.

À professora e orientadora Natália pela oportunidade, apoio, ajuda, direcionamentos e conhecimentos durante minha graduação e pesquisa.

Ao Laboratório de Química da Madeira e aos demais que me auxiliaram durante minha pesquisa, principalmente ao técnico de laboratório José Carlos, e aos alunos Michael, Rickson e Beatriz Menezes.

Aos meus familiares, em especial, minha mãe Olga, meu pai Aldecir, minha irmã Beatriz e minha avó Neuza, que sem eles, eu não seria nada, agradeço por todo o apoio e por acreditarem em mim durante esses anos.

Aos colegas de curso, que direta ou indiretamente me ajudaram no decorrer da minha graduação, em especial a Aaron Franco, Brent Gruenhagen, Carlos Fernandes, Gabriel Caldeira, Lucas Felipe, Pedro Lucas, Caroline Santos, Daniele Melo, Laís Mello, Matheus Jardim, Naila Garcia, Vitória Cabral com quem convivi durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências.

Aos amigos que a vida me proporcionou, em especial Felipe Dias, Gabriel Dias, Guilherme Bragança, João Pedro Aquino, Victor Hugo Gomes, Vinicius Bortolotti, Thainá Castro, Gabriel Santana, Beatriz Nascimento, Felipe Moraes, Kairos Resende, Larissa Costa, Luciano Félix, Ana Paula de Liz, Aneleh Franklin, Bruno Neves, Clarisse Barbi, Eloá Mello, Rebecca Weston, Victória Macedo, Vitor Freire, Yan Santana.

A todos os professores que direta ou indiretamente me ajudaram e compartilharam ensinamentos durante todos esses anos, minha eterna gratidão por terem feito parte da minha jornada na Engenharia Florestal.

RESUMO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro caracterizado por sua vegetação seca e espinhosa, possuindo uma rica biodiversidade. As árvores da Caatinga não apenas fornecem alimento e abrigo para várias espécies de animais, mas também são importantes para as comunidades humanas locais, pois possuem propriedades medicinais e são usadas na medicina popular, como por exemplo, o Pau-Ferro, também conhecido como Jucá (*Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz). Os objetivos deste trabalho foram caracterizar quimicamente a madeira de *Libidibia ferrea* e identificar os grupos de metabólitos secundários, visando conhecer os seus principais componentes atribuindo assim um uso mais específico para essa espécie. As amostras foram obtidas na Fazenda Milhã, localizada no município de Poço da Pedra no estado do Rio Grande do Norte. As madeiras foram descascadas e moídas e os extrativos foram obtidos utilizando ciclohexano, acetato de etila e metanol como solventes. As amostras de madeira livre de extrativos foram utilizadas para determinação dos teores de lignina de Klason e holocelulose. Com os extratos hidrofílicos obtidos foram realizadas análises fitoquímicas para qualificação das classes de extrativos presentes na madeira. Com base nos estudos realizados, pôde-se observar o comportamento químico da madeira de *Libidibia ferrea* onde os teores médios foram 65,18%, 21,65% e 3,43%, de holocelulose, lignina de Klason, e extrativos totais, respectivamente. Em relação ao perfil fitoquímico, o extrato hidrofílico de *Libidibia ferrea* apresentou resultados positivos para taninos condensados; leucoantocianidinas; flavononas; flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas; triterpenóides pentacíclicos livres e alcalóides. Sendo assim, pôde-se caracterizar quimicamente e identificar diversas classes de metabólitos secundários presentes na madeira de *Libidibia ferrea*.

Palavras chave: caracterização química; jucá; prospecção; metabólitos secundários

ABSTRACT

The Caatinga is an exclusively Brazilian biome characterized by its dry and thorny vegetation, possessing a rich biodiversity. Caatinga trees not only provide food and shelter for various species of animals, but are also important for local human communities, as they have medicinal properties and are used in folk medicine, such as Pau-Ferro, also known as Jucá (*Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz). The objectives of this work were to chemically characterize the wood of *Libidibia ferrea* and identify the groups of secondary metabolites, aiming to understand its main components, thus attributing a more specific use to this species. The samples were obtained at Fazenda Milhã, located in the municipality of Poço da Pedra in the state of Rio Grande do Norte. The wood was peeled and ground and the extractives were obtained using cyclohexane, ethyl acetate and methanol as solvents. Extractive-free wood samples were used to determine Klason lignin and holocellulose contents. Phytochemical analyzes were carried out with the hydrophilic extracts obtained to qualify the classes of extractives present in the wood. Based on the studies carried out, it was possible to observe the chemical behavior of *Libidibia ferrea* wood, where the average contents were 65.18%, 21.65% and 3.43%, of holocellulose, Klason lignin, and total extractives, respectively. . Regarding the phytochemical profile, the hydrophilic extract of *Libidibia ferrea* showed positive results for condensed tannins; leucoanthocyanidins; flavonones; flavonols, flavanones, flavanonools and xanthones; free pentacyclic triterpenoids and alkaloids. Therefore, it was possible to chemically characterize and identify several classes of secondary metabolites present in *Libidibia ferrea* wood.

Keywords: chemical characterization; jucá; prospection; secondary metabolites

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 2 |
| 2.1. Caatinga | 2 |
| 2.2. Fabaceae..... | 4 |
| 2.3. <i>Libidibia ferrea</i> | 5 |
| 2.4. Caracterização química da madeira | 6 |
| 2.5. Extrativos | 7 |
| 2.6. Prospecção fitoquímica..... | 8 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 8 |
| 3.1. Coleta e Preparo das Amostras | 8 |
| 3.2. Caracterização Química..... | 10 |
| 3.2.1. Obtenção dos Extrativos da Madeira | 10 |
| 3.2.2. Teor de Lignina | 11 |
| 3.2.3. Teor de Holocelulose | 12 |
| 3.2.4. Análise Estatística | 13 |
| 3.3. Prospecção fitoquímica | 13 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 15 |
| 5. CONCLUSÃO | 18 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 18 |

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga apresenta a maior riqueza de espécies entre as Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos (FATSS) do Novo Mundo, abrigando aproximadamente 3.150 espécies distribuídas em 950 gêneros e 152 famílias de angiospermas (Fernandes & Queiroz, 2018). Bioma de clima semiárido e desértico, possui chuvas concentradas em três meses do ano e longos períodos de seca, com algumas regiões a apresentar 11 meses de baixa disponibilidade de água (Leal *et al.*, 2005). Segundo Alves *et al.* (2009) os índices pluviométricos são muito baixos, estando entre 250 à 900 mm anuais.

Segundo Amorim *et al.* (2016), a Fabaceae é a família mais diversa da flora do Brasil, sendo encontrada em quase todas as formações vegetais do país. Queiroz (2021) ressalta que a família é de extrema importância do ponto de vista econômico e ecológico, e especialmente no bioma Caatinga, não só como alimentação, mas como adubação verde principalmente por conta da associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, que auxiliam na nutrição do solo, podendo também fornecer lenha, produtos medicinais, material para construção civil como caibros e vigas, e serem utilizadas em rituais religiosos.

Dentre as representantes da família Fabaceae na Caatinga, destaca-se *Libidibia Ferrea* ((Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz), também conhecido como jucá ou Pau-Ferro. Uma árvore utilizada pelas populações tradicionais com importantes fins medicinais, como perda de peso, limpeza de ferimentos, tratamento de anemias, doenças respiratórias, diarreia, tuberculose e reumatismo (Costa *et al.* 2015; Ferreira & Soares, 2015;) possuindo potencial anti-inflamatório, antifúngico, antimicótico (Gonçalves *et al.*, 2023) e antidiabético (De Lima, 2024). Sua madeira é utilizada na construção civil e naval, produção de energia, forragem para animais e na apicultura, pois suas flores são melíferas. (Carvalho, 2003).

O conhecimento químico da madeira do jucá é fundamental devido aos seus diversos usos na medicina tradicional e conseqüentemente o seu potencial para elaboração de medicamentos mais complexos. Esta espécie contém compostos bioativos que possuem propriedades medicinais (Costa *et al.*, 2015; De Macedo *et al.*, 2023; Guerra *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2020;). Entender a composição química desses compostos permite explorar suas capacidades terapêuticas de forma mais eficaz e segura. Isso pode levar ao desenvolvimento de novos medicamentos e tratamentos para uma variedade de doenças. Além disso, a identificação e o estudo desses compostos ajudam a validar e preservar o conhecimento tradicional, promovendo o uso sustentável da biodiversidade local e contribuindo para a conservação da espécie e de seu habitat (Oliveira *et al.*, 2022).

A composição química da madeira consiste principalmente de três componentes em sua parede celular, conhecidas como substâncias de alto peso molecular: celulose, hemicelulose (poliose) e lignina, possuindo também substâncias chamadas de baixo peso molecular, são elas: extrativos, que estão associados às paredes celulares, e cinzas, que são compostas majoritariamente por minerais (Guimarães *et al.* 2013; Neto *et al.*, 2023).

A celulose é um polímero de glicose de cadeia linear, de estrutura organizada e parcialmente cristalina, constituindo cerca de 40-50% da madeira, as hemiceluloses são um grupo de polissacarídeos heterogêneos, de estrutura ramificada e amorfa, que constituem aproximadamente 20-30% da madeira, ajudando na ligação entre a celulose e a lignina, servindo de suporte na parede celular, a lignina é um polímero complexo e amorfo que representa cerca de 20-30% da madeira, fornece rigidez a parede celular, contribui para resistência à decomposição biológica, une as paredes celulares adjacentes, reduz a permeabilidade à água e aumenta a resistência à compressão. Além desses, os extrativos são compostos presentes em pequenas quantidades (4 a 10%) e incluem taninos, resinas, óleos e

outros compostos orgânicos, que influenciam nas propriedades organolépticas da madeira, como cor, odor e sabor (Klock *et al.*, 2005; Zanuncio *et al.*, 2013).

A prospecção fitoquímica é o processo de identificar e analisar os compostos químicos presentes em plantas, que podem ter aplicações farmacológicas, agrícolas ou industriais (dos Santos, 2022). Este processo envolve várias etapas, como coleta e identificação da planta, extração dos compostos químicos utilizando solventes, isolamento e purificação desses compostos, análise da estrutura química por meio de técnicas como cromatografia, espectrometria de massa e ressonância magnética nuclear (RMN) (Soares *et al.*, 2016). A prospecção fitoquímica do jucá pode levar à descoberta de novos compostos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e anticancerígenas, contribuindo para a inovação na área de medicamentos e tratamentos de saúde.

Estudar a madeira e, em particular, a espécie *Libidibia ferrea*, é de grande importância devido às suas propriedades únicas e potenciais para diversas aplicações. A caracterização química da madeira e a prospecção fitoquímica são fundamentais para explorar seu potencial econômico e ecológico, além de contribuir para a conservação e uso sustentável dessa valiosa espécie.

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar quimicamente a madeira de *Libidibia Ferrea* (Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz e identificar os grupos de metabólitos secundários presentes nesta, visando conhecer os seus principais componentes atribuindo assim um uso mais específico para a espécie.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caatinga

O Bioma Caatinga, cujo nome vem do tupi-guarani “*ka’atinga*” e significa mata branca em alusão ao período de estiagem quando perdem as folhas, apresentando um aspecto seco (Alves *et al.*, 2009), é um bioma exclusivo do Brasil, está principalmente na Região Nordeste e em parte do norte de Minas Gerais (Castro, 2023). Dominado pelo clima semiárido, com precipitação anual inferior a 800 mm, é oficialmente classificado como Savana Estépica, mas também reconhecido internacionalmente como parte das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (Souza *et al.*, 2015). Está limitado a leste pela Mata Atlântica, a oeste pela Floresta Amazônica e ao sul pelo Cerrado (Leal *et al.*, 2005), sendo o terceiro bioma mais degradado do Brasil, após a Mata Atlântica e o Cerrado, com 80% de sua vegetação modificada pelo desmatamento, extrativismo e agropecuária, encontrando-se majoritariamente em estágios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (Souza *et al.*, 2015).

Compreende cerca de 10% do território brasileiro com seus 900.000 km², abrangendo os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais, o que resulta em 54% do território do nordeste brasileiro (Castro, 2023; IBGE, 2022) (Figura 1), possuindo solos ricos mineralmente e pouco desenvolvidos, arenosos e com pouca capacidade de retenção de água. Por consequência, a vegetação é constituída principalmente de herbáceas e lenhosas de pequeno porte, plantas espinhosas como cactos e bromélias e de folhagem caducifolia (Alves *et al.*, 2009) (Figura 2).

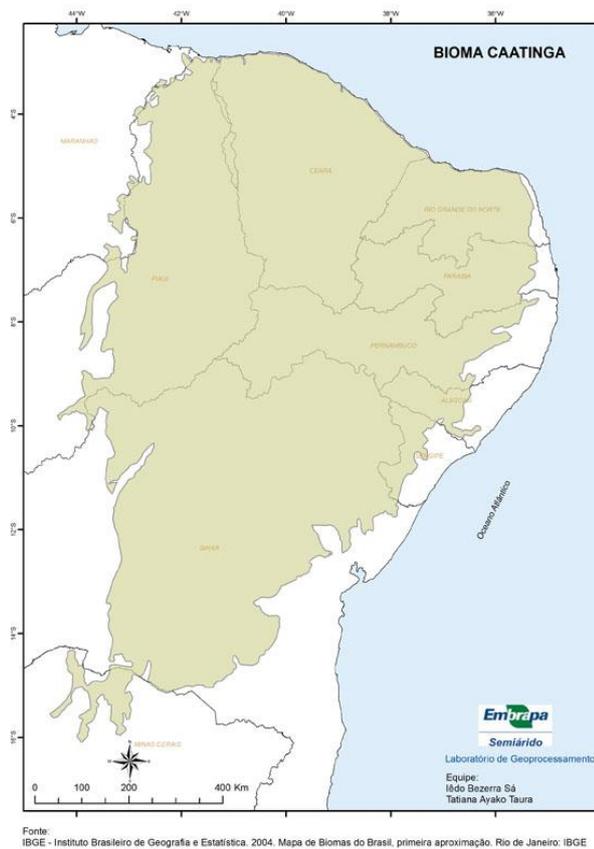


Figura 1. Mapa do Bioma Caatinga. Fonte: Giongo *et al.*, 2011.

A região apresenta altitudes que variam de 0 a 600 metros, temperaturas entre 24 e 28°C, precipitação média de 250 a 1000 mm e um déficit hídrico significativo ao longo do ano. A maioria dos rios possui fluxo intermitente e o volume de água disponível é geralmente escasso, não atendendo às necessidades de irrigação (Castro, 2023; Drumond *et al.*, 2000).



Figura 2. Relevo e vegetação típica da Caatinga. Fonte: Revista Pesquisa Fapesp.

Em comparação com outros biomas brasileiros, a Caatinga destaca-se, pois possui a mais alta radiação solar, a menor nebulosidade, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas taxas de umidade relativa, evapotranspiração potencial mais elevada, e, sobretudo,

precipitações mais baixas e irregulares (Leal *et al.*, 2003 apud. Reis, 1976). As formações savânicas, que cobrem a maior parte da Caatinga, são o tipo de vegetação mais afetado por incêndios, representando 79% dos casos entre 1985 e 2022, após essas formações, as áreas de pastagem, formações florestais e campestres de vegetação nativa são as mais suscetíveis ao fogo (Bello *et al.*, 2023).

As famílias Fabaceae e Euphorbiaceae são as mais diversas dentro deste bioma. Aproximadamente 23% das espécies conhecidas na Caatinga são endêmicas, incluindo a presença de 29 gêneros endêmicos. (Fernandes & Queiroz, 2018)

Apesar de seu clima semiárido, essa região abriga uma vasta diversidade de espécies arbóreas adaptadas às condições extremas. Dentre as espécies presentes no bioma pode-se citar: *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.; *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill; *Cenostigma pyramidale* E. Gagnon & G. P. Lewis; *Ziziphus joazeiro* Mart.; *Amburana cearensis* (Fr.All.) A.C. Smith; *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul; *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos.; *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul.; *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Alves *et al.*, 2009; Amorim *et al.*, 2005; Castro, 2023; Drumond *et al.*, 2000; Leal *et al.*, 2003; Souza *et al.*, 2002).

2.2. Fabaceae

As Fabaceae, popularmente conhecidas como leguminosas por conta do seu fruto do tipo legume (Figura 3), são um grupo significativo de plantas que compõem a maior parte da diversidade florística do Nordeste do Brasil e da Caatinga, com 603 espécies registradas. Pertencente à ordem Fabales, a família Fabaceae é tradicionalmente dividida em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae. É a terceira maior família de plantas do mundo, com 36 tribos, 727 gêneros e 19.325 espécies, distribuídas em quase todas as formações vegetais globais, com um centro de endemismo na região neotropical. No Brasil, Fabaceae é a família mais representada, com 2.807 espécies em 222 gêneros, sendo 15 endêmicos, abundantes em quase todos os biomas e ecossistemas do país (Amorim *et al.* 2016; Silveira & Miotto, 2013).



Figura 3. Fruto típico de Fabaceae. Fonte: Leguminosae no Brasil.

As leguminosas se destacam por sua habilidade de fixar nitrogênio atmosférico através de uma simbiose com bactérias *Rhizobium*. Essa interação ocorre nas raízes das plantas, levando à formação de nódulos que permitem a conversão de N_2 em formas de nitrogênio acessíveis para a planta (Souza, 2010) (Figura 4).



Figura 4. Nódulos de Rhizobium em Fabaceae. Fonte: Fabiano Bastos – 3R Ribersolo.

2.3. *Libidibia ferrea*

Libidibia ferrea, comumente conhecida como "pau-ferro" ou "jucá", é uma árvore nativa da região semiárida do Brasil, especialmente encontrada na Caatinga. O jucá é uma espécie emblemática da vegetação xerófila do Brasil, destacando-se por suas propriedades ecológicas, utilizações na economia, importância cultural e ambiental (Macêdo *et al.* 2020), e propriedades medicinais, sendo parte integrante da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) (Do Egito *et al.*, 2023).

A árvore semicaducifolia possui entre 10 a 20 m de altura e 40 a 60 cm de DAP. Seu tronco é geralmente curto e bifurcado quando isolada, mas reto e cilíndrico na mata. A copa é irregular, muito ramificada, com folhagem verde-clara. A casca, com até 10 mm de espessura, é lisa e cinza com manchas brancas. As folhas são compostas, bipinadas com folíolos pequenos e glabros. As flores são amarelas, brilhantes, pequenas e reunidas em panículas terminais. O fruto é uma vagem preto-avermelhada, carnosa, indeiscente, lustrosa, chata e assimétrica, que se torna negra e chocalhante ao amadurecer, devido às sementes soltas dentro de cada lóculo. As sementes têm formato oblongo, com ápice cuneiforme, coloração marrom-escuro, rugosidade e estrias arqueadas, são duras, medindo de 5 a 10 mm de comprimento por 4 a 6 mm de largura (Carvalho, 2003) (Figura 5).



Figura 5. Indivíduo de *Libidibia ferrea*. Fonte: Maurício Mercadante – Flickr.

Encontra-se principalmente no bioma da Caatinga, no Nordeste do Brasil, mas também pode ocorrer em áreas adjacentes de outros biomas semiáridos e em regiões do Cerrado. A espécie é bem adaptada às condições climáticas extremas, incluindo temperaturas elevadas e baixa disponibilidade de água, podendo ser utilizada para recuperação de áreas degradadas (Silva *et al.*, 2017; Gomes, 2018).

A espécie possui uma ampla gama de aplicações econômicas e culturais. A madeira serrada e roliça é usada na construção civil e naval para caibros, eixos, esquadrias, tacos, portas, mobiliário fino e principalmente em faqueados. Para energia, a madeira produz lenha e carvão de boa qualidade, sendo excelente para a produção de álcool, coque e carvão devido ao alto teor de lignina. A forragem dessa espécie é rica em proteína bruta, sendo usada na alimentação animal. As flores do pau-ferro são melíferas, e suas sementes e casca são utilizadas na medicina popular para emagrecimento, como depurativo e para contusões. Os frutos possuem propriedades medicinais contra anemia, afecções hemoptísicas e pulmonares, e diabetes. As raízes têm uso antipirético e antidiabético, enquanto as cascas são usadas como adstringentes. Além de ser muito usada em arborização de praças e ruas devido à beleza do tronco. (Carvalho, 2003) (Figura 6).



Figura 6. Madeira de *Libidibia ferrea*. Fonte: Shop Madeira Urbana

2.4. Caracterização química da madeira

A madeira é um material natural complexo cuja composição química é fundamental para determinar suas características físicas e mecânicas. Essa composição influencia seu comportamento em processos industriais e sua durabilidade. Portanto, a caracterização química da madeira é essencial para entender suas propriedades e como ela pode ser utilizada em diversas aplicações (Zanuncio *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013).

Segundo Santos (2008) a madeira seca é composta principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, podendo ser chamada de holocelulose a soma da celulose e hemicelulose.

A celulose, que representa cerca de 40-50% da madeira seca, é um polissacarídeo formado por longas cadeias de moléculas de glicose unidas por ligações β -1,4-glicosídicas, conferindo rigidez e resistência devido à sua estrutura fibrilar e ligações de hidrogênio entre as cadeias. A hemicelulose, que constitui aproximadamente 15-30% da madeira seca, é um grupo de polissacarídeos com estrutura mais ramificada, composta por monossacarídeos como xilose,

arabinose e manose. A lignina, que representa cerca de 20-30% da madeira seca, é um polímero complexo tridimensional que atua como um "adesivo" entre as fibras de celulose e hemicelulose, proporcionando rigidez, resistência e impermeabilidade à madeira. Composta principalmente por fenilpropanoides, a lignina é responsável pela rigidez e sua resistência à decomposição por microrganismos (Klock *et al.*, 2005; Rodrigues, 2022; Oliveira, 2023) (Figura 7).

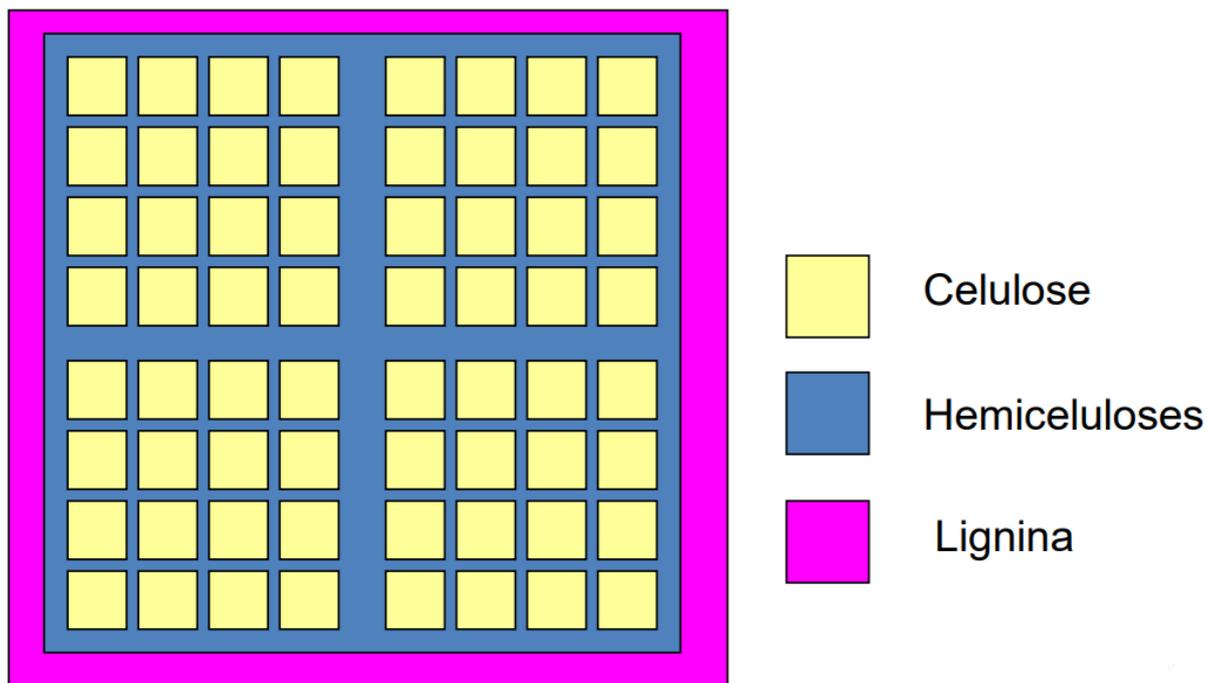


Figura 7. Esquema da parede celular de uma célula da madeira. Fonte: Klock *et al* (2005).

Outro componente importante da madeira seca, porém presentes em menor quantidade são os extrativos, que são compostos solúveis em solventes orgânicos ou aquosos e representam cerca de 5-10% da madeira seca. Esses extrativos incluem uma ampla gama de substâncias, como óleos, resinas, ceras, taninos e compostos fenólicos. Os extrativos podem afetar a cor da madeira, suas propriedades de impregnação e sua resistência a fungos e insetos (Paes *et al.* 2013).

2.5. Extrativos

Os extrativos vegetais são substâncias químicas obtidas a partir de plantas e desempenham um papel crucial em diversas indústrias devido às suas propriedades funcionais e medicinais. Estes extrativos encontram ampla aplicação na indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética e de perfumaria, refletindo a diversidade de compostos químicos presentes nas plantas e suas aplicações práticas (Wastowski, 2018).

Entre os principais tipos de extrativos vegetais estão os óleos essenciais, que são compostos voláteis com propriedades antimicrobianas e são usados em aromaterapia, cosméticos e alimentos. Resinas e gomas são substâncias viscoelásticas com características adesivas, usadas em adesivos e tintas. Taninos e polifenóis são compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas e usados em medicamentos e cosméticos. Saponinas são compostos amargos que formam espuma. Alcaloides têm efeitos farmacológicos e são usados em medicamentos e produtos estimulantes. Terpenos possuem propriedades farmacêuticas, antimicrobianas e anti-inflamatórias (Rodrigues, 2022).

2.6. Prospecção fitoquímica

A identificação e resgate de espécies nativas são essenciais devido ao seu potencial econômico e medicinal. Apesar da vasta diversidade vegetal do Brasil, a pesquisa sobre essas plantas é ainda limitada, crescendo apenas 8% anualmente, por isso, é crucial investir em pesquisas que desenvolvam novas substâncias medicinais, explorem compostos bioativos e contribuam para a domesticação e monitoramento dessas plantas, utilizando conhecimentos microbiológicos, farmacológicos e biotecnológicos (Bessa *et al.* 2013).

O metabolismo vegetal é dividido em primário e secundário, onde o metabolismo primário é responsável pela síntese de compostos essenciais para a sobrevivência e crescimento das plantas, como carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos. Em contraste, o metabolismo secundário gera metabólitos derivados dos compostos primários, como alcaloides, flavonoides e taninos, que não são necessários para o crescimento, mas desempenham papéis essenciais na defesa contra herbívoros e patógenos, proteção contra radiação ultravioleta, e atração de polinizadores, sendo sua biossíntese modulada por fatores ambientais, como características edafoclimáticas (Soares, 2016).

Estudos contínuos têm avaliado o potencial terapêutico de plantas medicinais e seus constituintes, como flavonoides, alcaloides, triterpenos e taninos. A intensificação das pesquisas visa desenvolver novos medicamentos capazes de combater as estratégias adaptativas dos microrganismos, com fitofármacos emergindo como uma alternativa promissora devido às suas propriedades antimicrobianas (Lôbo *et al.*, 2010).

A prospecção fitoquímica entra neste momento como um campo de estudo fundamental na busca por novos compostos bioativos presentes em plantas, com o objetivo de descobrir substâncias que possam ser utilizadas em diversas aplicações, desde o desenvolvimento de novos medicamentos até a criação de produtos cosméticos e alimentos funcionais (Soares, 2016). Segundo Luz *et al.* (2014) a análise fitoquímica é crucial para entender os componentes químicos das plantas e isolar princípios ativos importantes para novos fitoterápicos.

É uma área de pesquisa que busca não apenas descobrir novos compostos, mas também entender os mecanismos de ação dessas substâncias e explorar suas possíveis aplicações práticas. Para a medicina popular, torna-se importante o conhecimento das classes de compostos bioativos nas plantas (Lima *et al.*, 2009). Porém, é necessário ter cautela para o uso clínico desses compostos, sendo necessário realizar testes sobre a toxicidade para avaliar tanto seus efeitos terapêuticos quanto os riscos potenciais (Siqueira *et al.*, 2020)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta e Preparo das Amostras

Foram utilizados três indivíduos de *Lidibidia ferrea* com circunferência maior que 5 cm, coletados no Talhão 8 da Fazenda Milhã, localizada no município Poço da Pedra/RN e de coordenadas 5°35'47.3"S e 35°51'59.6"W (Figura 8), na região Agreste, microrregião de Serra Verde/RN (CARVALHO, 2018). A propriedade particular possui cerca 60% de sua área total em mata nativa inserida no bioma Caatinga, o que representa uma área de 1.132,78 hectares. Cada talhão possui 10 parcelas de 400 m² (20 m x 20 m) distribuídas inteiramente ao acaso, demarcadas, georreferenciadas e mapeadas com auxílio do GPS Garmin 62s.

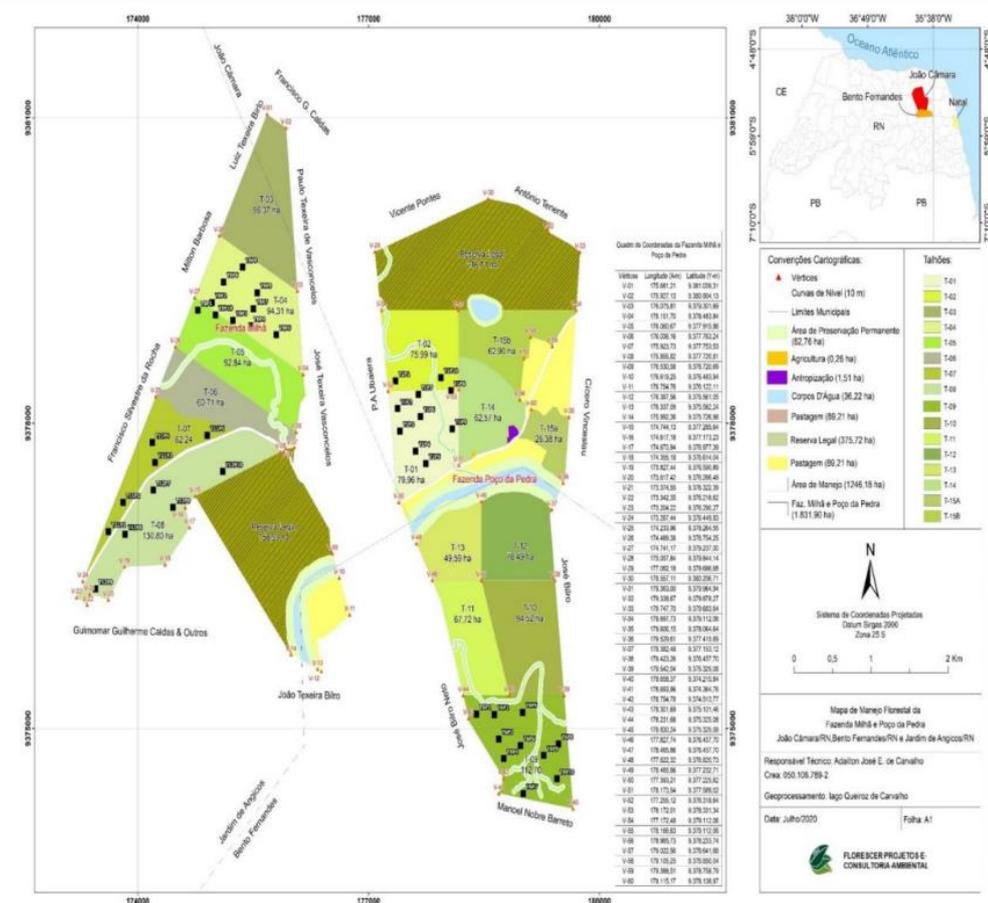


Figura 8. Mapa utilizado no plano de manejo da Fazenda Milhã/RN. Fonte: Florescer Projetos e Consultoria Ambiental

Para cada uma das árvores foram obtidos cinco discos de diferentes porcentagens da altura comercial (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Os discos foram descascados com o auxílio de um facão de um martelo e a madeira foi moída em um moinho de facas do tipo Willey da Solab Científica SL-31. Após moer, as amostras de cada disco de uma mesma árvore foram misturadas e peneiradas em um jogo de peneiras de 40 e 60 mesh, sendo utilizada a amostra retida na peneira de 60 mesh conforme aos procedimentos descritos na norma TAPPI T204 cm-97 (TAPPI,1997) (Figura 9).



Figura 9. Processo de Preparo das Amostras.

A - Descascamento e cavaqueamento. B - Amostra cavaqueada. C - Amostra moída

3.2. Caracterização Química

Os teores de extrativos, lignina de Klason e holocelulose foram obtidos por meio da metodologia descrita por Abreu *et al.* (2006). Os ensaios fitoquímicos foram realizados utilizando as metodologias propostas por Matos (1997).

3.2.1. Obtenção dos Extrativos da Madeira

Da amostra peneirada foram retiradas 10,00g para realizar a extração dos extrativos. Utilizando uma manta térmica, um balão volumétrico, um tubo extrator e um condensador de bolas foi possível montar o aparelho Extrator de Soxhlet. Colocou-se os 10,00g de madeira em um cartucho feito com papel filtro, que posteriormente foi colocado dentro do tubo extrator. A extração se deu com da utilização de 250 mL de três solventes: ciclohexano, acetato de etila e metanol. Cada solvente foi utilizado sucessivamente por 12 horas na ordem descrita anteriormente. Após a extração, os balões volumétricos contendo uma mistura de solvente e extrativo foram levados ao rotavapor para a evaporação parcial do solvente e depois, as soluções concentradas foram transferidas a um recipiente previamente pesado e levados à capela para evaporação do total do solvente. Após secagem, os recipientes com os extrativos foram pesados para obtenção do valor referente ao peso dos extrativos, que posteriormente foram utilizados para obtenção do teor parcial e total de extrativos (Figura 10).

O percentual do teor de extrativo parcial foi obtido pelo método gravimétrico, conforme a equação 1.

$$TEp = \left(\frac{MFC - MFS}{MMc} \right) \times 100$$

Equação 1. Onde:

TEp = teor de extrativo parcial (%)

MFc = massa do frasco com extrativo (g)

MFs = massa do frasco sem extrativo (g)

MMc = massa de madeira no cartucho antes do processo de extração (g).

Após obtido o teor de extrativos parcial em cada um dos solventes, realiza-se o somatório para obtenção do teor de extrativo total como mostra a equação 2.

$$TEt = TEch + TEae + TEM$$

Equação 2. Em que:

TEt = teor de extrativo total (%)

TEch = teor de extrativo obtido por ciclo hexano

TEae = teor de extrativo obtido por acetato de etila

TEM = teor de extrativo obtido por metanol

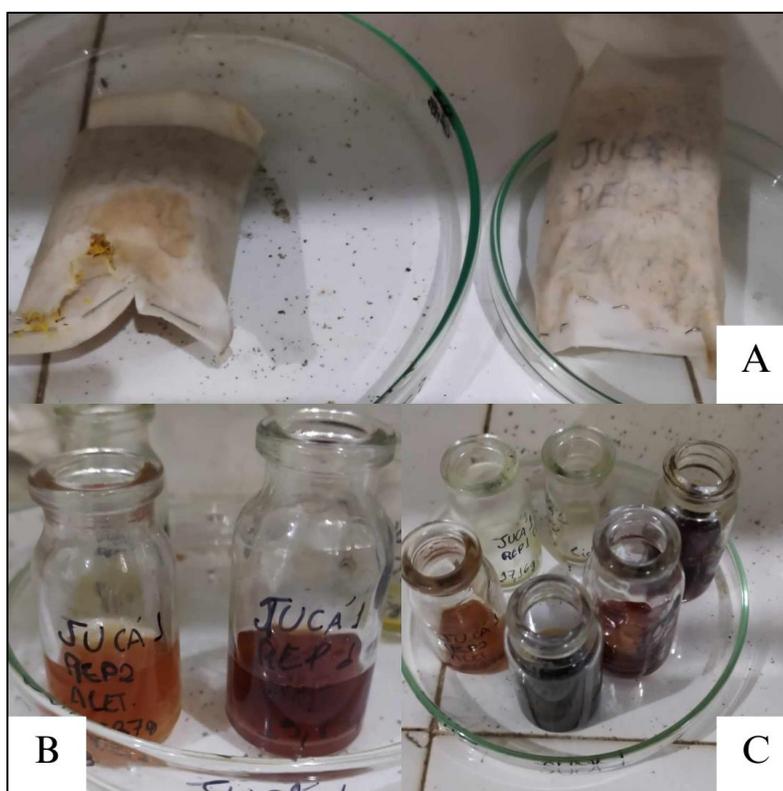


Figura 10. Processo de preparação da madeira livre de extrativos.

A – Cartuchos contendo a madeira. B e C – Recipientes levados à capela para secagem.

3.2.2. Teor de Lignina

Após a retirada dos extrativos e evaporação do solvente contida no cartucho, obteve-se a Madeira Livre de Extrativos (MLE). Colocou-se 0,3g de MLE em um tubo de ensaio e foi adicionado 3mL de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) (72%) e agitou-se por 1 minuto, deixando descansar por 1 (uma) hora. Adicionou-se 84 mL de água destilada, despejando a solução em um balão volumétrico, deixando-a em refluxo por 4 horas. Após o cumprimento desse tempo, lavou-se a solução com 500 mL de água destilada morna em um funil de placa sinterizada

(cadinho) previamente pesado, acoplado a um kitassato e bomba de vácuo, levando-o a estufa por 24 horas a 103°C após a lavagem. Após secagem, o funil foi pesado para obtenção do peso e posteriormente o teor de lignina de Klason (Figura 11).

Ao final do processo o teor de lignina insolúvel foi obtido pela equação 3.

$$TLi = \left(\frac{MFli - MF}{MMle} \right) \times 100$$

Equação 3. Em que:

TLi = teor de lignina insolúvel (%)

MFli = massa do funil com lignina insolúvel (g)

MF = massa do funil vazio (g)

MMle = massa de madeira livre de extrativos (g)



Figura 11. Lignina de Klason da madeira de *Libidibia ferrea*.

3.2.3. Teor de Holocelulose

Utilizando 2,5g de madeira livre de extrativos em um Erlenmeyer, adicionou-se 80 mL de água destilada, 0,5 mL de Ácido Acético (CH_3COOH) e 1g de Clorito de Sódio (NaClO_2). Colocou-se em banho maria a 70°C com o Erlenmeyer tampado com vidro de relógio. Após 1 (uma) hora adicionou-se a mesma quantia de clorito de sódio e ácido acético. Esse processo foi repetido seis vezes. Após a conclusão, as soluções foram deixadas em repouso por 24 horas. Depois lavaram-se as amostras com água destilada em um funil de placa sinterizada acoplado a um kitassato e bomba de vácuo, colocando acetona no final do processo, filtrando-a. Após a lavagem o material foi levado para estufa a 103°C por 24 horas (Figura 12).

A obtenção do teor de holocelulose foi feita com a equação 4.

$$Th = \left(\frac{MFh - MFv}{MMle} \right) \times 100$$

Equação 4. Onde:

Th = teor de holocelulose (%)

MFh = massa do funil com holocelulose (g)

MFv = massa do funil vazio (g)

MMle = massa de madeira livre de extrativos (g)

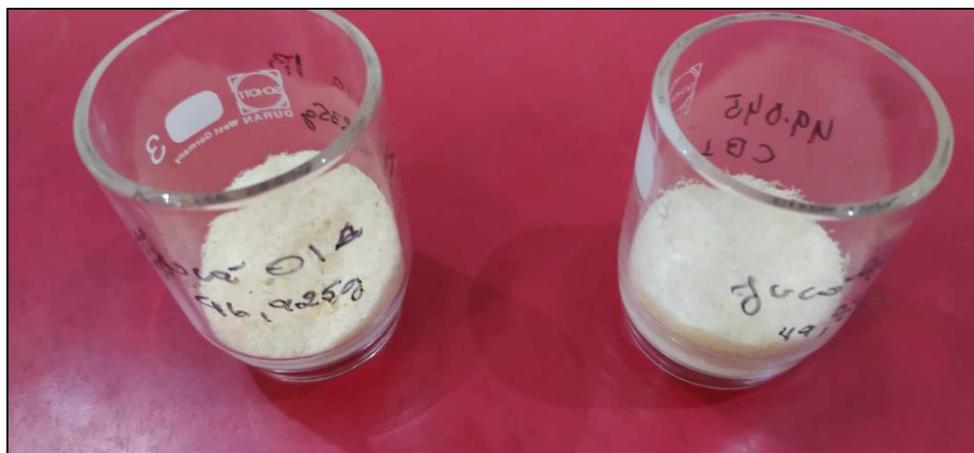


Figura 12. Holocelulose da madeira de *Libidibia ferrea*.

3.2.4. Análise Estatística

Os resultados foram avaliados em relação à média, desvio padrão e coeficiente de variação.

A média e o desvio padrão foram obtidos por meio da opção “estatística descritiva” no menu de análise de dados do software Excel.

3.3. Prospecção fitoquímica

Para realização da prospecção fitoquímica, foram utilizados os extratos hidrofílicos obtidos de cada indivíduo, que foram submetidos a testes em duplicata para a verificação de fenóis e taninos (reação com cloreto férrico), antocianinas, antocianidinas e flavonóides (teste de variação de pH, com hidróxido de sódio e ácido clorídrico), leucoantocianidinas, catequinas e flavonas (teste de variação de pH e aquecimento, com hidróxido de sódio e ácido clorídrico), flavonóis, flavanonas, flavanonois e xantonas (teste de Shinoda), esteroides e triterpenóides (teste de Liebermann–Burchard), saponinas (teste de espuma), resinas (teste de turvação do extrato) e alcalóides (reação com Dragendorff e Mayer). Avaliou-se os resultados qualitativamente mediante o resultado de reações colorimétricas, formação de espuma, precipitado e aparecimento de fluorescência.

3.3.1 Determinação de Fenóis e Taninos

Foram colocados 2,0 mL de solução preparada a partir do extrato em um tubo de ensaio. Em seguida, foram adicionados 2 mL de água e 3 gotas de Cloreto de ferro (FeCl_3). O surgimento de precipitados de coloração vermelha indica a presença de fenóis, precipitados de coloração azul indicam a presença de taninos pirogálicos, e precipitados de coloração verde indicam a presença de taninos condensados.

3.3.2. Determinação de Antocianinas, Antocianidinas e Flavonóides

Foram colocados 2,0 mL da solução preparada a partir do extrato em 3 tubos de ensaio, alterando os pHs de cada um deles. Sendo um para pH 3, outro para pH 8,5 e o último para pH 11. O resultado positivo é observado de acordo com o aparecimento de cores conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Reações para identificação de antocianinas, antocianidinas e flavonóis

| Constituintes | pH 3 | pH 8,5 | pH 11 |
|--------------------------------|----------|--------|---------------------|
| Antocianinas e antocianidinas | Vermelho | Lilás | Azul Púrpura |
| Flavonas, Flavonóis e Xantonas | - | - | Amarelo |
| Chalconas e auronas | Vermelho | - | Vermelho Púrpura |
| Flavanonóis | - | - | Vermelho Laranja |

3.3.3. Determinação de Leucoantocianidinas, Catequinas e Flavonas

Foram colocados 2,0 mL da solução preparada a partir do extrato em dois tubos de ensaio, em um deles adicionou-se 2,0 mL de ácido clorídrico (HCl) até obtenção de pH 1-3 e no outro adicionou-se hidróxido de sódio (NaOH) até obtenção do pH 11. Os tubos foram aquecidos e analisaram-se a coloração das soluções de acordo com a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Reações para identificação de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas

| Constituintes | pH 3 | pH 11 |
|---------------------|------------------|--------------------|
| Leucoantocianidinas | Vermelho | - |
| Catequinas | Pardo- amarelado | - |
| Flavanonas | - | Vermelho - laranja |

3.3.4. Determinação de Flavonóis, Flavanonas, Flavanonois e Xantonas (Teste de Shinoda)

Foram colocados 2,0 mL da solução preparada a partir do extrato em um tubo de ensaio, posteriormente pequenas tiras de fita de magnésio e 0,5 ml de HCl concentrado foram adicionados na solução. O teste é positivo quando ocorre o aparecimento de coloração avermelhada.

3.3.5. Determinação de Esteróides e Triterpenóides (Teste de Liebermann- Burchard)

Foi realizada uma extração líquido-líquido da solução preparada a partir do extrato com clorofórmio. Na solução resultante adicionou-se 1 ml de anidrido acético ((CH₃CO)₂O) e 3 gotas de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. O aparecimento de coloração azul seguida de verde que indica esteróides livres, já coloração parda até vermelha indica triterpenóides pentacíclicos livres.

3.3.6. Determinação de Saponinas

Foi adicionada uma pequena quantidade do extrativo à 2,0 mL de água destilada em um tubo de ensaio, que foi agitado durante 2 minutos. A confirmação de saponinas é feita através do aparecimento de espuma persistente.

3.3.7. Determinação de Resinas

Extraíu-se o extrato bruto com o menor volume possível de etanol, adicionou-se 3 ml desta solução etanólica em um tubo de ensaio, ao qual adicionou-se água. A presença de resina é indicada pela formação de precipitado floculoso que se aglomera após agitação.

3.3.8. Determinação de Alcalóides

Na alíquota de 2,0 mL da solução preparada a partir do extrato adicionou-se NH_4OH concentrado até se atingir pH 11. Fazendo-se a separação das bases orgânicas com éter: clorofórmio (3:1) utilizando um funil de separação. A fase orgânica foi extraída com HCl 0,1N, sendo a solução aquosa ácida resultante dividida em 2 tubos de ensaio e adicionou-se em 3 gotas de reagentes Mayer em um tubo e de Dragendorff no outro. A formação de precipitado floculoso indica positivo para alcalóides.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A madeira de *L. ferrea* apresentou teores de 3,43% ($\pm 0,36$), 65,19% ($\pm 3,33$) e 21,65% ($\pm 1,14$) de extrativos totais, holocelulose e lignina, respectivamente (Tabela 3) (Figura 13).

Tabela 3. Resumo estatístico (média e desvio padrão) do teor de extrativos, holocelulose teor de lignina da madeira de jucatá. Dados em porcentagem.

| Indivíduos | Média (Desvio Padrão) |
|-------------------|-----------------------|
| Extrativos Totais | 3,43 (0,36) |
| Holocelulose | 65,19 (3,33) |
| Lignina | 21,65 (1,14) |
| Total | 90,26 (2,88) |

A variabilidade entre os indivíduos pode ser atribuída ao fato de serem árvores nativas, resultando em uma diversidade genética que pode levar a diferentes composições da parede celular entre os indivíduos (Ferraz, 2019).

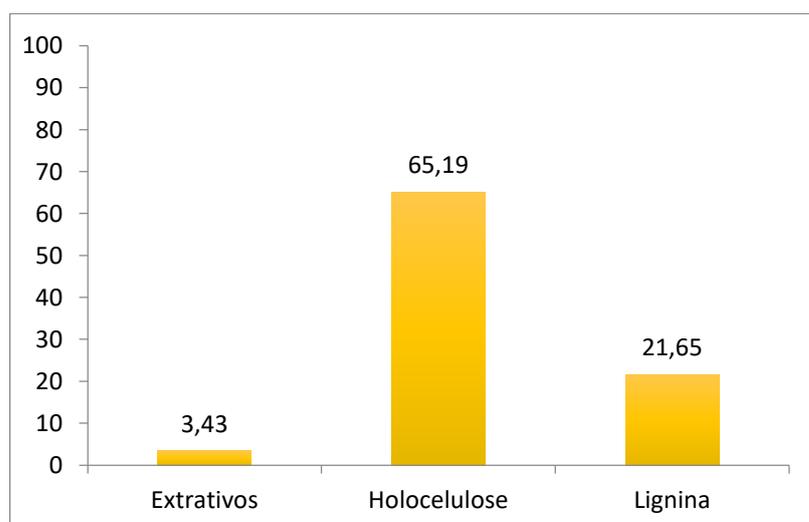


Figura 13. Valores médios (%) dos teores de Extrativos Totais, Holocelulose e Lignina de Klason em *Libidibia ferrea*.

Para folhosas, a composição química média da madeira varia de 1 a 7% para extrativos, 15 a 30% de lignina e 50 a 75% de holocelulose (Klock *et al.*, 2005; Pedrazzi *et al.*, 2019), o que configura os valores encontrados para *L. ferrea* como dentro do padrão.

Não foram encontrados trabalhos na literatura referentes à caracterização química da madeira de *L. ferrea*, destacando a originalidade e a importância deste estudo, que contribui de maneira inédita para o conhecimento científico sobre esta espécie.

Em comparação com outras espécies da família das Fabaceae, Longui *et al.* (2010) encontrou para *Piptadenia gonoacantha*, teores de aproximadamente 6%, 65% e 27% de extrativos totais, holocelulose e lignina respectivamente. Mori *et al.* (2003) encontrou para *Piptadenia rigida* valores de 15,31% de extrativos totais, 62,02% de holocelulose e 24,31% de lignina. Costa *et al.* (2017) caracterizou *Mimosa schomburgkii*, com teores de 5,44% para extrativos totais, 62,08% para holocelulose e 30,30% para lignina.

A celulose, fração de carboidratos que está incluída na holocelulose, é utilizada na indústria na produção de papel, como agentes anti-endurecimento, emulsificador, estabilizador, dispersantes, espessantes e de gelificação (Klock *et al.*, 2005).

Thomaz *et al.* (2007) afirma que há uma relação direta entre a lignina e o poder calorífico, onde madeiras com maiores teores de lignina possuem maior poder calorífico, resultando em carvão vegetal de melhor qualidade.

Segundo Silva *et al.* (2005) os teores de lignina aumentam conforme a idade do indivíduo. Visto que a madeira de *L. ferrea* é considerada dura e densa (Carvalho, 2003) e os teores encontrados de lignina foram inferiores aos encontrados em literatura para outras espécies da mesma família, os indivíduos de jucá estudados provavelmente são jovens, com teores mais baixos de lignina em sua parede celular.

De acordo com Almeida *et al.* (2015), madeiras com maior teor de extrativos no cerne possuem maior durabilidade natural assim como o maior teor de lignina nos tecidos está ligado a uma maior resistência ao ataque de organismos xilófagos, e quanto maior o teor de holocelulose, maior é a massa específica básica da madeira.

Segundo Klock *et al.* (2005), os extrativos são responsáveis pelas propriedades organolépticas da madeira, como cor, cheiro e gosto, fornecem resistência a ataques de organismos xilófagos além de diminuírem a permeabilidade e higroscopicidade, porém, uma alta concentração de extrativos na madeira podem dificultar o cozimento e branqueamento na polpação da celulose, originando o “pitch”, manchas no papel.

Visando identificar as possíveis classes de compostos presentes nos extratos hidrofílicos da madeira de jucá foi realizado a prospecção fitoquímica (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de extrativos testadas para madeira de *Libidibia ferrea*

| Classe de Extrativos | Resultado |
|--------------------------------|-----------|
| Fenóis | - |
| Taninos | + |
| Antocianinas e Antocianidinas | - |
| Flavonas, Flavonóis e Xantonas | - |
| Chalconas e Auronas | - |
| Flavononóis | - |
| Leucoantocianidinas | + |

| | |
|---|---|
| Catequinas | - |
| Flavanonas | + |
| Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas | + |
| Esteróides | - |
| Triterpenóides | + |
| Saponinas | - |
| Alcalóides | + |
| Resinas | - |

Legenda: +. Presença e -. Ausência.

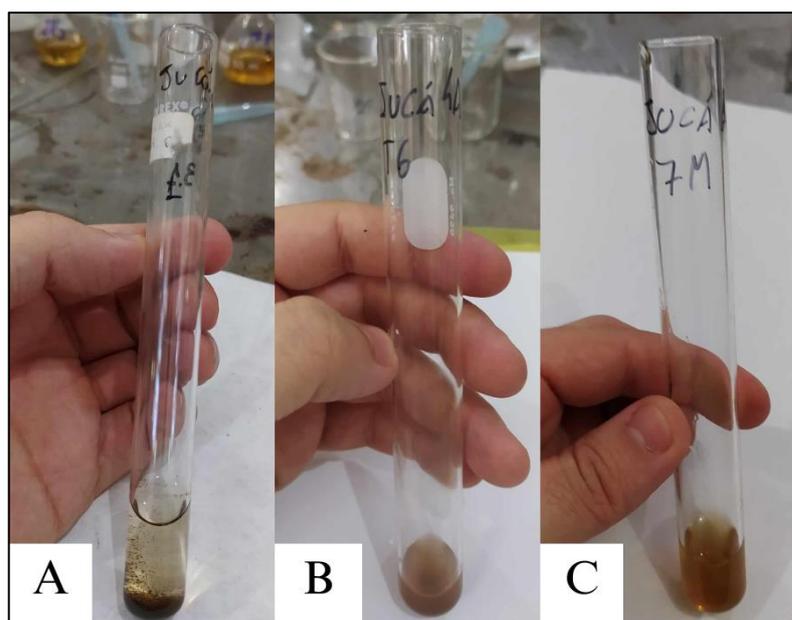


Figura 14. Prospecção fitoquímica com extrato metanólico da madeira de *Libidibia ferrea*. Onde, A- Reação com cloreto férrico; B- Teste de espuma; C- Reação com Meyer

As classes de compostos presentes no extrato hidrofílico de jucá foram: taninos condensados; leucoantocianidinas; flavanonas; flavonóis, flavanonas, flavanonois e xantonas; triterpenóides pentacíclicos livres; alcaloides (Figura 14).

No extrato etanólico de frutos de *L. ferrea* é possível encontrar saponinas, ácidos orgânicos, açúcares redutores, fenóis e taninos, apresentando resultado semelhante ao NaCl para tratamento de feridas em ratos Wistar (Kobayashi *et al.*, 2015)

Na casca de *L. ferrea* é possível encontrar açúcares redutores, flavonoides, saponinas, taninos hidrolisáveis, taninos condensados, e terpenos/esteróides, apresentando potencial anti-hiperglicemiante (Lima *et al.*, 2015).

Nas folhas de *L. ferrea* é possível encontrar terpenos, saponinas, taninos, cumarinas e flavonoides, sendo esses compostos responsáveis pelas propriedades farmacêuticas da espécie (Luna *et al.*, 2020)

Os taninos são substâncias "que possuem pelo menos um anel aromático no qual ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila" e são responsáveis por dar sabor, odor, e coloração a diversos vegetais (Vizzotto *et al.*, 2010). Podendo ser utilizados por exemplo, para tratamento de água para abastecimento (Skoronski *et al.*, 2014).

Flavonóides possuem, segundo Machado *et al.* (2008) várias funções e utilizações de potencial terapêutico, como atividade antioxidante, podendo evitar inflamações, doenças cardiovasculares, Alzheimer e câncer, além de retardar o envelhecimento, isso pode explicar o uso medicinal de *Libidibia ferrea* pelas populações tradicionais do semiárido brasileiro (Ferreira & Soares, 2015; Costa *et al.* 2015). Dentro dos Flavonóides, as Leucoantocianidinas possuem uma característica antioxidativa hidrossolúvel, possuindo potencial para redução de esteatose hepática (Pereira, 2018).

Os alcalóides são compostos orgânicos que possuem ao menos um átomo de nitrogênio em seu anel aromático (Vizzotto *et al.* 2010). Segundo Marques & Lopes (2015), os alcalóides surgem como uma ótima alternativa como agentes antitumorais.

A presença das substâncias encontradas na madeira por meio do extrato metanólico pode explicar sua utilização pelas populações tradicionais em várias aplicações medicinais. Esses compostos possuem propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, podendo ajudar no emagrecimento, na redução de contusões, no tratamento de anemia, doenças no fígado, estômago e pele. A sinergia desses componentes químicos torna a madeira valiosa para a medicina tradicional em diversas condições de saúde.

A identificação das classes de metabólitos secundários presentes na madeira de *L. ferrea* nos permite diversificar a forma em que a espécie é utilizada, além do emprego da madeira para obtenção de princípios ativos importantes na farmacologia. O desenvolvimento de produtos de maior valor agregado contribuirá para a sustentabilidade econômica e ambiental da região da Caatinga, promovendo um uso mais racional e diversificado dos seus recursos naturais e a manutenção da espécie.

5. CONCLUSÃO

A madeira de *Libidibia ferrea* apresenta teores de 3,43%, 65,19% de 21,65% de extrativos totais, holocelulose e lignina, respectivamente.

A prospecção fitoquímica elucidou diversos metabólitos secundários com potencial de estudo e uso em diferentes setores industriais e econômicos, como, por exemplo: Taninos Condensados, Leucoantocianidinas e Alcalóides.

Dada a ausência de estudos na literatura sobre a caracterização química da madeira de Jucá, este trabalho pode servir como referência para futuras pesquisas, podendo promover o uso sustentável da madeira, incentivando e justificando um uso mais nobre da espécie com base no entendimento técnico de seus componentes químicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3R – RIBERSOLO. **Fixação biológica de nitrogênio (FBN): Entenda esse processo e sua importância para as plantas. SUA IMPORTÂNCIA PARA AS PLANTAS.** Disponível em: < <https://www.3rlab.com.br/fixacao-biologica-de-nitrogenio-fbn-entenda-esse-processo-e-sua-importancia-para-as-plantas/> >. Acesso em: 17 jun. 2024.

ABREU, H. S.; CARVALHO, A. D.; MONTEIRO, M. D. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. D. A.; CHALITA, D. B. **Métodos de análise em química da madeira.** Seropédica: UFRRJ, v. 20 (Série Técnica Floresta e Ambiente), 2006.

ALMEIDA, A. P. S.; RODRIGUES, D. A.; CASTELO, P. A. R. Determinação das Propriedades Químicas de Madeiras da Amazônia Meridional. **Scientific Electronic Archives**, v. 8, n. 1, p. 2015.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da Caatinga: Uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

AMORIM, I. L. de.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L.; Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, Recife-PE, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.

AMORIM, L. D. M. de.; SOUSA, L. O. F. de.; OLIVEIRA, F. F. M.; CAMACHO, R. G. V.; MELO, J. I. M. de. Fabaceae na Floresta Nacional (FLONA) de Assú, semiárido potiguar, nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 67, n.1, p. 105-123, 2016.

BESSA, N. G. F. de; BORGES, J. C. M.; BESERRA, F. P.; CARVALHO, R. H. A.; PEREIRA, M. A. B.; FAGUNDES, R.; CAMPOS, S. L.; RIBEIRO, L. U.; QUIRINO, M. S.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; ALVES, A. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, Campinas-SP, v. 15, n. 4, supl.I, p.692-707, 2013.

BELLO, J. P.; FREITAS, A. C. V.; VIEIRA, E. M. Uma Análise do risco de fogo para o bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 734-759, 2023.

CASTRO, D. C. **Quanto da flora ameaçada no domínio da caatinga está abrigada em unidades de conservação: Estudo de caso em Pernambuco**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife-PE, 2023.

CARVALHO, P. E. R. Pau-Ferro: *Caesalpinia ferrea* var. *parvifolia*. In: **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Embrapa, Brasília-DF, v. 1. p. 743-749, 2003.

COSTA, L. J.; LOPES, C. B. S.; REIS, M. F. C.; CÂNDIDO, W. L.; FARIA, B. F. H. de; PAULA, M. O. de. Caracterização anatômica e descrição físico-química e mecânica da madeira de *Mimosa schomburgkii*. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 47, n. 4, p. 383-390, 2017.

COSTA, L. M. da; GUILHON-SIMPLICIO, F.; SOUZA, T. P. de. *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) LP Queiroz var. *ferrea*: pharmacological, phytochemical and botanical aspects. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, p. 48-53, 2015.

DE LIMA, D. V. F. **Potencial antidiabético de *Libidibia ferrea*: uma revisão integrativa**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2024.

DE MACEDO, A. R. S.; OLIVEIRA, J. F. A. de; SOMMERFELD, S.; NOTÁRIO, F. O.; MARTINS, M. M.; BASTOS, L. M.; BEZERRA, B. G. P.; LISBOA, L. S.; ROCHA, H. A. O.; ARAÚJO, R. M.; MEDEIROS-RONCHI, A. A.; AZEVEDO, V.; FONSECA, B. B. Unlocking the power of *Libidibia ferrea* extracts: antimicrobial, antioxidant, and protective properties for potential use in poultry production. **Poultry Science**. v. 103, n. 6, p. 103668, 2024.

DOS SANTOS, K. L. M. **Caracterização fitoquímica e atividades biológicas do óleo essencial de Piper aduncum L.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2022.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga.** Petrolina-PE, [s/n], 2000.

EGITO, M. S. do; LIMA, M. J. dos S.; SILVA, M. J. C. da; NASCIMENTO, R. C. do; NETO, P. J. R.; MAIA, M. B. de S.; SILVA, R. M. F. da. Obtenção e avaliação das propriedades tecnológicas de granulados à base de *Libidibia ferrea* para atividade anti-hiperglicemiante. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 12, p. 17749-17766, 2023.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. de. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FERRAZ, A. G. **Organização da diversidade genética em *Eucalyptus benthamii* com base em características de crescimento e tecnológicas da madeira.** 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2019.

FERREIRA, M. R. A.; SOARES, L. A. L. *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) LP Queiroz: A review of the biological activities and phytochemical composition. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 9, n. 2, p. 140-150, 2015.

FLICKR. **Pau-ferro (*Libidibia ferrea* var. *leiostachya*).** Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/mercadanteweb/5445967300>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. S. M.; GAVA, C. A. T. Carbono no sistema solo-planta no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 4, n. 6, p. 1233-1253, 2011.

GOMES, F. L. **Recuperação de área degradada em mineradora de vermiculita no Semiárido da Paraíba.** 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2018.

GONÇALVES, R. J. S.; PEREIRA, N. A.; ALVES, M. H. P.; SILVA, H. H. M.; ARAÚJO, J. L. Ação cicatrizante da *Libidibia ferrea* M.: uma revisão integrativa. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 14, n. 1, p. e30969-e30969, 2023.

GUERRA, A. C. V. A.; SOARES, L. A. L.; FERREIRA, M. R. A.; ARAÚJO, A. A. de, ROCHA, H. A. O.; MEDEIROS, J. S. de; CAVALCANTE, R. S.; DE ARAÚJO JÚNIOR, R. F. *Libidibia ferrea* presents antiproliferative, apoptotic and antioxidant effects in a colorectal cancer cell line. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 92, p. 696-706, 2017.

GUIMARÃES, I. L.; JUNIOR, J. B. G.; LISBOA, F. J. N.; ANDRADE, C. R.; SIQUEIRA, H. F. Caracterização química e física da madeira de procedências de *Eucalyptus*. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-GO, v. 9, n. 17, p. 636, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Conheça o Brasil.** Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>>. Acesso em: 24 jul. 2024.

KLOCK, U; MUÑIZ, G. D.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. D. **Química da madeira**. FUPEF, ABTCP, Curitiba-PR, 2005.

KOBAYASHI, Y. T. S.; ALMEIDA, V; T. de; BANDEIRA, T.; ALCÂNTARA, B. N. de; SILVA, A. S. B. de; BARBOSA, W. L. R.; SILVA, P. B. da; MONTEIRO, M. V. B.; ALMEIDA, M. B. de. Avaliação fitoquímica e potencial cicatrizante do extrato etanólico dos frutos de Jucá (*Libidibia ferrea*) em ratos Wistar. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo-SP, v. 52, n. 1, p. 34-40, 2015.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Revista Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146. Recife-PE, 2005.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e Conservação da Caatinga: Uma introdução ao desafio**. Recife-PE, Editora Universitária UFPE, 2005.

LEGUMINOSAE NO BRASIL. **Fabaceae - *Elizabetha durissima* Ducke** . Disponível em: <<https://rubens-plantasdobrasil.blogspot.com/2017/09/fabaceae-elizabetha-speciosa-ducke.html>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

LIMA, J. M.; SILVA, C. A.; ROSA, M. B.; SANTOS, J. B.; OLIVEIRA, T. G.; SILVA, M. B. Prospecção fitoquímica de *Sonchus oleraceus* e sua toxicidade sobre o microcrustáceo *Artemia salina*. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.

LIMA, M. J. S.; SILVA, M. Y. C. da; MELO, K. R. de; CHAGAS, B. F; ROLIM, L. A.; NETO, P. J. R.; SILVA, R. M. F. da. Caracterização do extrato seco de *Libidibia ferrea* para terapia antihiperlipidêmica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 12, p. 97488-97506, 2020.

LÔBO, K. M. S.; ATHAYDE, A. C. R.; SILVA, A. M. A.; RODRIGUES, F. F. G.; LÔBO, I. S. ; BEZERRA, D. A. C.; COSTA, J. G. M. Avaliação da atividade antibacteriana e prospecção fitoquímica de *Solanum paniculatum* Lam. e *Operculina hamiltonii* (G. Don) D. F. Austin & Staples, do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu-SP, v. 12, n. 2, p.227-233, 2010.

LONGUI, E. L.; LIMA, I. L. de; JUNIOR, F. G. S.; BUFOLO, A.; SUCKOW, I. M. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Variação radial das características anatômicas, densidade aparente, teores de extrativos, lignina e holocelulose na madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, v. 38, n 87, p. 341-353, 2010.

LUNA, M. S. M.; DE PAULA, R. A.; COSTA, R. M. P. B.; DOS ANJOS, J. V.; DA SILVA, M. V.; CORREIA, M. T. S. Bioprospection of *Libidibia ferrea* var. *ferrea*: Phytochemical properties and antibacterial activity. **South African journal of Botany**, v. 130, p. 103-108, 2020.

LUZ, H. S.; SANTOS, A. C. G.; LIMA; F. C.; MACHADO; K. R. G. Prospecção fitoquímica de *Himatanthus drasticus* Plumel (Apocynaceae), da mesorregião leste maranhense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas-SP, v. 16, n. 3, supl. I, p. 657-662, 2014.

MACÊDO, N. S.; SILVEIRA, Z. S.; BEZERRA, A. H.; COSTA, J. G. M. da; COUTINHO, H. D. M.; ROMANO, B.; CAPASSO, R.; CUNHA, F. A. B. da; SILVA, M. V. da. *Caesalpinia ferrea* C. Mart.(Fabaceae) phytochemistry, ethnobotany, and bioactivities: a review. **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3831, 2020.

MACHADO, H.; NAGEM, T. J.; PETERS, V. M.; FONSECA, C. S.; OLIVEIRA, T. T. de. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, Juiz de Fora-MG, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, 2008.

MATOS, F. J. de A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 2. ed. Fortaleza: edições UFC, 1997.

MARQUES, J. P.; LOPES, G. C. Alcaloides como agentes antitumorais: considerações químicas e biológicas. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá-PR, v. 24, n. 1, p. 56-61, 2015.

MORI, A.F.; MENDES, M.L.; TRUGUILHO, F.P.; CARDOSO, G.M. Utilização de Eucaliptos e de Madeiras Nativas no Armazenamento da Água Ardente de Cana-de-Açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.3, n.23, p.396-400, 2003.

NETO, P. N. M.; CIRILO, N. R. M.; RIBEIRO, L. S.; SILVA, J. G. M.; PAIVA, W. de; DO CARMO, F. C. A. Potencial energético da madeira de Algaroba para a indústria de cerâmica no nordeste brasileiro. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 1, p. e11985-e11985, 2024.

PAES, J. B.; NETO, P. N. M.; LIMA, C. R. de; FREITAS, M. F. de; DINIZ, C. E. F. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras-MG, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013.

PEDRAZZI, C.; DICK, G.; COLDEBELLA, R.; GENTIL, M.; GIESBRECHT, B. M.; DA ROSA, R. C. **Química da Madeira**. 1º ed. Santa Maria-RS, 2019.

PEREIRA, R. F. **Efeitos da leucoantocianidina no tecido hepático de coelhos albinos (*Oryctolagus cuniculus*) submetidos à esteatose hepática não alcoólica experimental**. 2018. Dissertação (Pós Graduação em Ciências Médicas) – Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2018.

PESQUISA FAPESP. **Grãos de pólen revelam a história da Caatinga**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/graos-de-polen-revelam-a-historia-da-caatinga/>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

OLIVEIRA, G. L. S.; LABRE, M. B. Q.; LABRE, L. V. Q. Avaliação da atividade medicinal da *Libidibia ferrea* – uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba-PR, v. 5, n. 2, p. 5242-5251, 2022.

OLIVEIRA, H. A. de.; VAREJÃO, M. J. C.; CRUZ, I. A. Determinação de constituintes químicos e extrativos das madeiras de espécies florestais Amazônicas. *In: II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq – PAIC/FAPEAM*. Manaus-AM, 2013.

OLIVEIRA, R. A. M. de. **Investigação dos extrativos da madeira de espécies da Caatinga visando à obtenção de compostos bioativos**. 2024. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2023.

QUEIROZ, R. T.; Fabaceae do Cariri Paraibano. **Editora Pantanal**. Nova Xavantina-MT, 2021.

RODRIGUES, M. A. **Caracterização química das madeiras de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2022.

SANTOS, I.D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2008

SHOP MADEIRA URBANA. **Serrada Prancha Pau-Ferro (*Libidibia ferrea*)**. Disponível em: < <https://www.shop.madeiraurbana.com.br/product/serrada-prancha-pau-ferro-libidia-ferrea-ref7515/?lang=pt-BR> >. Acesso em: 17 jun. 2024.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

SILVA R. A. da. **Riqueza e diversidade de espécies vegetais lenhosas da Caatinga na região do Xingó, Alagoas**. 2002. Tese (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2002.

SILVA, R. M. da; CARDOSO, A. D.; DUTRA, F. V.; MORAIS, O. M. Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. provenientes do semiárido baiano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n.3, p. 85-91, 2017.

SILVEIRA, F. S.; SFOGGIA MIOTTO, S. T. A família Fabaceae no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: aspectos taxonômicos e ecológicos. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v.11, n. 1, p. 93-114, 2013.

SIQUEIRA, J. S.; FERREIRA, L. R. D.; LIMA, V. S.; SANTOS, R. C.; SOARES, L. A. L.; DA SILVA, G. C. Prospecção fitoquímica e avaliação dos potenciais citotóxico e antioxidante do extrato das folhas de *Microgramma vaccinnifolia*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n.4, p. 20318-20331, 2020.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 9, n. 4, p. 679-687, 2014.

SOARES, N. P.; SANTOS, P. L.; VIEIRA, V. S.; PIMENTA, V. S. C.; ARAÚJO, E. G. de. Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-GO, v. 13, n. 24, p. 991, 2015.

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V de. Caatinga e Desertificação. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, L. A. G. Levantamento da habilidade nodulífera e fixação simbiótica de N₂ nas Fabaceae da região amazônica. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-GO, v. 6, n. 10, 2010.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Revista Ciência e Cultura**, Recife-PE, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Acid – insoluble lignin in wood and pulp**. TAPPI T-222 om-88. Atlanta: Tappi Press, 1999b.

THOMAZ, D. T.; MAGALHÃES, W. L. E.; DE LIMA, E. A.; DA SILVA, H. D. Poder calorífico da madeira e do carvão vegetal: lignina e carbono fixo como determinantes. In: **VI Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas**, 2007.

VIZZOTTO, M.; KWOLOW, A. C. R.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado** - Documentos (INFOTECA-E). Pelotas-RS, 2010.

WASTOWSKI, A. D. **Química da Madeira**. 1 ed. Rio de Janeiro-RJ. Interciência, 2018.

ZANUNCIO, A. J. V.; COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B.; CARNEIRO, A. D. C. O.; VITAL, B. R. Composição química da madeira de eucalipto com diferentes níveis de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 23, n. 4, p. 755-760, 2013.