



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

RICKSON ALVES MARQUES DE OLIVEIRA

**INVESTIGAÇÃO DOS EXTRATIVOS DA MADEIRA DE ESPÉCIES DA
CAATINGA VISANDO À OBTENÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS**

Prof. Dr. NATÁLIA DIAS DE SOUZA
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2023



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

RICKSON ALVES MARQUES DE OLIVEIRA

**INVESTIGAÇÃO DOS EXTRATIVOS DA MADEIRA DE ESPÉCIES DA
CAATINGA VISANDO À OBTENÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS**

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. Dr. NATÁLIA DIAS DE SOUZA
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2023

**INVESTIGAÇÃO DOS EXTRATIVOS DA MADEIRA DE ESPÉCIES DA
CAATINGA VISANDO À OBTENÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS**

RICKSON ALVES MARQUES DE OLIVEIRA

APROVADA EM: 08/12/2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. NATÁLIA DIAS DE SOUZA – UFRRJ
Orientadora

Prof. Dr. HENRIQUE TREVISAN – UFRRJ
Membro

Dra. DANIELLE AFFONSO SAMPAIO – UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha profunda gratidão a Deus, cuja orientação e bênçãos foram fundamentais para a realização da minha graduação e deste trabalho. Ao longo dos anos de estudo, sua presença fortaleceu minha determinação, permitindo-me superar obstáculos e alcançar objetivos que nem imaginava.

Aos meus familiares, em especial a Ágatha Alves, Crívia Alves, Frederico Alves, Nelson Marques, Elmir Garcia, Ercília Alves, Yago Rodrigues e Otávio Augusto expressei meu profundo agradecimento pelo apoio incansável e pelas contribuições incalculáveis em minha vida.

Aos amigos de curso, que foram companheiros de jornada, agradeço pela troca de experiências e pela amizade.

Um agradecimento especial aos amigos Paulo Roberto, Leticia Castro, Isabella Suman Gustavo Cesar, Bruno Martins, Juliana Siqueira, Ana Beatriz, Lucas Viana, Mathias Pittizer, Maria Alice e Viviane dos Santos pela grande amizade e por terem contribuído tanto na minha vida.

Agradeço também a todos que não estão mais comigo, mas que carrego com grande amor em meu coração.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, instituição que me acolheu e proporcionou diversos espaços nos quais pude crescer tanto no campo profissional quanto pessoalmente, meu sincero agradecimento.

Aos professores, em particular aos meus orientadores, Natália Dias de Souza, Luiz Ricardo dos Santos Tozin e Henrique Trevisan, expressei minha gratidão pela dedicação e amizade. Agradeço também aos demais professores por seus ensinamentos e paciência, que enriqueceram minha formação.

Ao técnico do laboratório e grande amigo José Carlos, que me ajudou muito ao longo de todo trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, meu sincero agradecimento. Cada colaboração, direta ou indireta, foi valiosa para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço às pessoas que compartilharam comigo esses anos de curso, reconhecendo o incentivo e o impacto positivo em minha formação acadêmica.

À FAPERJ, meu profundo agradecimento pelo fornecimento de subsídios para o desenvolvimento da pesquisa.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e as contribuições de cada um mencionado. Agradeço a todos por fazerem parte da minha jornada.

RESUMO

A Caatinga, o único bioma exclusivamente brasileiro, exibe características únicas, sendo considerada a floresta árida com maior diversidade do mundo. *Amburana cearensis* (Cumaru), *Andira anthelmia* (Sajadeira) e *Cenostigma pyramidale* (Catingueira), são espécies da família Fabaceae que ocorrem no bioma e têm uso difundido devido suas diversas aplicações, dentre essas estão, o potencial ornamental, aproveitamento madeireiro e utilização na medicina popular, graças a presença de extrativos, que são resultado do metabolismo secundário das plantas. Tais substâncias químicas se originam de modificações ocorridas nos carboidratos durante os processos fisiológicos das plantas, e podem apresentar diferentes funções, na madeira relacionam-se com características como a cor, aroma, resistência natural à deterioração, sabor e propriedades abrasivas. Tais compostos podem ser considerados bioativos quando demonstram atividade biológica, modulando processos celulares e fisiológicos, podendo ser aproveitados, por exemplo, no contexto da saúde humana e no controle de microrganismos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente a madeira das espécies *A. cearensis*, *A. anthelmia*, *C. pyramidale* da caatinga, avaliar a composição química dos extrativos e identificar possíveis aplicações dos extrativos, frente ao fungo de podridão parda *Postia Placenta*. Para tanto, o material foi coletado em talhões localizados na Fazenda Milhã/Poço da Pedra, Rio Grande do Norte (RN), Brasil. O processamento e análise das amostras deu-se por meio de técnicas usuais em laboratórios de química da madeira. Na prospecção fitoquímica dos metabólitos, analisou-se o extrato hidrofílico (metanólico), submetido a testes para a verificação de fenóis e taninos; antocianinas, antocianidinas e flavonóides; leucoantocianidinas, catequinas e flavonas; flavonóis, flavanonas, flavanonois e xantonas; esteroides e triterpenóides; saponinas; resinas e alcalóides. Para a análise do potencial antifúngico dos extratos de Cumaru e Catingueira (A espécie sajadeira não foi avaliada, devido ao rendimento obtido na extração) foi utilizada a metodologia preconizada pelo documento ASTM D2017, frente ao fungo *Postia Placenta*. A caracterização química das espécies aponta a presença de teores médios de holocelulose de aproximadamente 62% para Cumaru, 63% em sajadeira e 71% em catingueira. Para lignina, respectivamente, obteve-se 21, 21, 18%. No que tange os extrativos, em cumaru, obteve-se 8% do peso seco de madeira, sendo detectado pela prospecção (alcaloides, taninos condensados, flavonoides e triterpenos) em sajadeira 3% (alcaloides, taninos condensados, flavonoides e triterpenos) e catingueira 5% (alcaloides, taninos pirogálicos, flavonoides, triterpenos e saponinas). Em relação ao potencial antifúngico dos extratos, verificou-se que os extratos não agregaram resistência para madeira de *Pinus* nas concentrações avaliadas, visualizou-se apenas um incremento em valor estético, alterando a coloração natural da madeira. Pode-se concluir que os extrativos das madeiras das espécies da caatinga apresentam classes específicas de metabólitos secundários, não apresentando potencial antifúngico (*Postia Placenta*) nas concentrações avaliadas, porém podem ser utilizadas como fonte de corante natural, por terem agregado valor estético a madeira de *Pinus*.

Palavras-chave: Metabólitos secundários, extrativos, caracterização química, fitoquímica

ABSTRACT

The Caatinga, the only exclusively Brazilian biome, displays unique characteristics and is considered the most diverse arid forest in the world. *Amburana cearensis* (Cumaru), *Andira anthelmia* (Sajadeira), and *Cenostigma pyramidale* (Catingueira) are Fabaceae family species found in this biome, with widespread use due to various applications, including ornamental potential, timber utilization, and use in traditional medicine, thanks to the presence of extracts resulting from the secondary metabolism of plants. These chemical substances originate from modifications occurring in carbohydrates during plant physiological processes and can have different functions. In wood, they are related to characteristics such as color, aroma, natural resistance to decay, taste, and abrasive properties. Such compounds can be considered bioactive when they demonstrate biological activity, modulating cellular and physiological processes, and can be utilized, for example, in the context of human health and microbial control. The objective of this study was to chemically characterize the wood of the species *A. cearensis*, *A. anthelmia*, and *C. pyramidale* from the Caatinga, evaluate the chemical composition of the extracts, and identify possible applications of the extracts against the brown rot fungus *Postia Placenta*. The material was collected in stands located at Fazenda Milhã/Poço da Pedra, Rio Grande do Norte (RN), Brazil. The processing and analysis of samples were carried out using standard techniques in wood chemistry laboratories. In the phytochemical prospecting of metabolites, the hydrophilic (methanolic) extract was analyzed, subjected to tests for the verification of phenols and tannins; anthocyanins, anthocyanidins, and flavonoids; leucoanthocyanidins, catechins, and flavones; flavonols, flavanones, flavanonols, and xanthenes; steroids and triterpenoids; saponins; resins and alkaloids. For the analysis of the antifungal potential of Cumaru and Catingueira extracts (Sajadeira species was not evaluated due to the extraction yield), the methodology recommended by ASTM D2017 was used against the fungus *Postia Placenta*. The chemical characterization of the species indicates the presence of average holocellulose content of approximately 62% for Cumaru, 63% in Sajadeira, and 71% in Catingueira. For lignin, respectively, values obtained were 21, 21, and 18%. Regarding the extracts, in Cumaru, 8% of the dry wood weight was obtained, with the detection of alkaloids, condensed tannins, flavonoids, and triterpenes. In Sajadeira, 3% was obtained (alkaloids, condensed tannins, flavonoids, and triterpenes), and in Catingueira, 5% was obtained (alkaloids, pyrogallol tannins, flavonoids, triterpenes, and saponins). Concerning the antifungal potential of the extracts, it was found that the extracts did not confer resistance to *Pinus* wood at the evaluated concentrations. Only an increase in aesthetic value was observed, altering the natural color of the wood. It can be concluded that the wood extracts of Caatinga species present specific classes of secondary metabolites, do not exhibit antifungal potential against *Postia Placenta* at the evaluated concentrations, but can be used as a source of natural dye, adding aesthetic value to *Pinus* wood.

Keywords: Secondary metabolites, extracts, chemical characterization, phytochemistry

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Caatinga	2
2.2. Fabaceae	3
2.3. <i>Amburana cearenses</i>	4
2.4. <i>Andira anthelmia</i>	5
2.5. <i>Cenostigma pyramidale</i>	6
2.5. Caracterização química da madeira	7
2.6. Compostos bioativos	8
2.7. Fungos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Material de estudo	9
3.2. Análise da composição química	10
3.3. Prospecção Fitoquímica	10
3.4. Teste de potencial antifúngico	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. <i>Amburana cearensis</i>	12
4.2. <i>Andira anthelmia</i>	14
4.3. <i>Cenostigma pyramidale</i>	15
5. CONCLUSÃO	18
6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, ocupando uma área de mais de 800 mil quilômetros quadrados, o que representa cerca de 10% da área nacional, caracterizado por um clima semiárido e uma vegetação adaptada às condições de escassez de água e altas temperaturas, é considerada a floresta árida com maior diversidade do mundo (IBGE, 2019; LIMA et al., 2019; MMA, 2022). Essa paisagem única é dominada por árvores e arbustos resistentes e adaptados, muitos apresentando espinhos, microfilia ou outras características xerofíticas (LEAL, 2003). Apesar de sua aparente aridez, a caatinga é rica em biodiversidade e desempenha um papel crucial na conservação da vida selvagem e no fornecimento de recursos naturais para as comunidades locais, apresentando aproximadamente 6315 espécies identificadas, quando somadas plantas e fungos, dentro disso cerca de 5042 espécies são de angiospermas, divididas em 180 famílias e 1249 gêneros (REFLORA, 2020).

Dentro de toda biodiversidade, as espécies arbóreas da família Fabaceae e nativas do Brasil, *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm. (Cumaru), *Andira antheimia* (Vell.) Benth. (Sajadeira), *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (Catingueira) ocorrentes no bioma, merecem destaque por sua frequência e utilização, soma-se a isso o caráter endêmico da Catingueira e Sajadeira (PENNINGTON et al. 2018; SANTANA et al., 2021). As espécies apresentam diversos usos, alguns exemplos são, o aproveitamento de seu potencial ornamental, aplicações na restauração florestal, uso madeireiro e na medicina popular, graças a presença de classes de metabólitos associados ao tratamento de enfermidades (CARVALHO, 2003; ALMEIDA et al., 2010; MATIAS, et al., 2019; MACHADO, 2022)

Os extrativos são substâncias químicas que se originam de modificações ocorridas nos carboidratos durante os processos fisiológicos das plantas. Esses são encontrados em várias partes da árvore, como na casca, folhas, acículas, flores, frutos, sementes e madeira. Eles podem ser obtidos da madeira por meio da utilização de diversos solventes, como água, solventes orgânicos neutros ou destilação a vapor (KLOCK et al., 2005). Os extrativos desempenham um papel importante na definição de certas características da madeira, como sua cor, aroma, resistência natural à deterioração, sabor e propriedades abrasivas, podendo sua quantidade e composição variar significativamente entre diferentes espécies arbóreas (KLOCK et al., 2013). Em média, os extrativos constituem de 3% a 10% do peso da madeira seca, mas em algumas espécies das regiões tropicais, estes chegam a representar uma porcentagem maior deste peso, podendo chegar até 20% (WASTOWSKI, 2018).

Os extrativos vegetais desempenham um papel de grande importância em diversas áreas, muitos destes apresentam um alto potencial e valor agregado associado as suas aplicações nas indústria farmacêutica, de cosméticos, de alimentos, bem como na fabricação de produtos químicos (HOMMA, 2008; VIZZOTTO, 2010) Além disso, os extrativos vegetais também desempenham um papel fundamental na medicina tradicional e na pesquisa científica, onde são explorados por suas propriedades terapêuticas, controle de microrganismos e benefícios à saúde (SÁ-FILHO, 2021; AZEVEDO JUNIOR, 2022). Tais compostos são considerados bioativos quando demonstram atividade biológica em sistemas vivos, com capacidade de modular processos celulares e fisiológicos, podem por vezes influenciar diretamente na saúde humana e no controle de microrganismos (PICCIRILLO, 2018).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente a madeira das espécies Cumaru, Sajadeira e Catingueira da caatinga, avaliar a composição química dos extrativos e identificar possíveis aplicações destes, frente ao fungo de podridão parda *Postia Placenta*. Uma vez que, a literatura carece de referências no que tange o potencial antifúngico para essas espécies.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caatinga

O termo Caatinga apresenta origem indígena e quer dizer “Mata branca”, uma alusão ao período de estiagem, onde a fitofisionomia ostenta uma aparência clarificada e quase sem folhas. Esse bioma, extremamente importante e biodiverso, é o único exclusivamente brasileiro e ocupa cerca de 10% do território nacional (mais de 800 mil km²), o que invoca a importância de estudos e conservação deste (KIILL, 2007). Estando situado majoritariamente na região Nordeste do país, o bioma apresenta distribuição por nove estados, sendo eles: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Pernambuco e Minas Gerais (Figura 1) (IBGE, 2019).

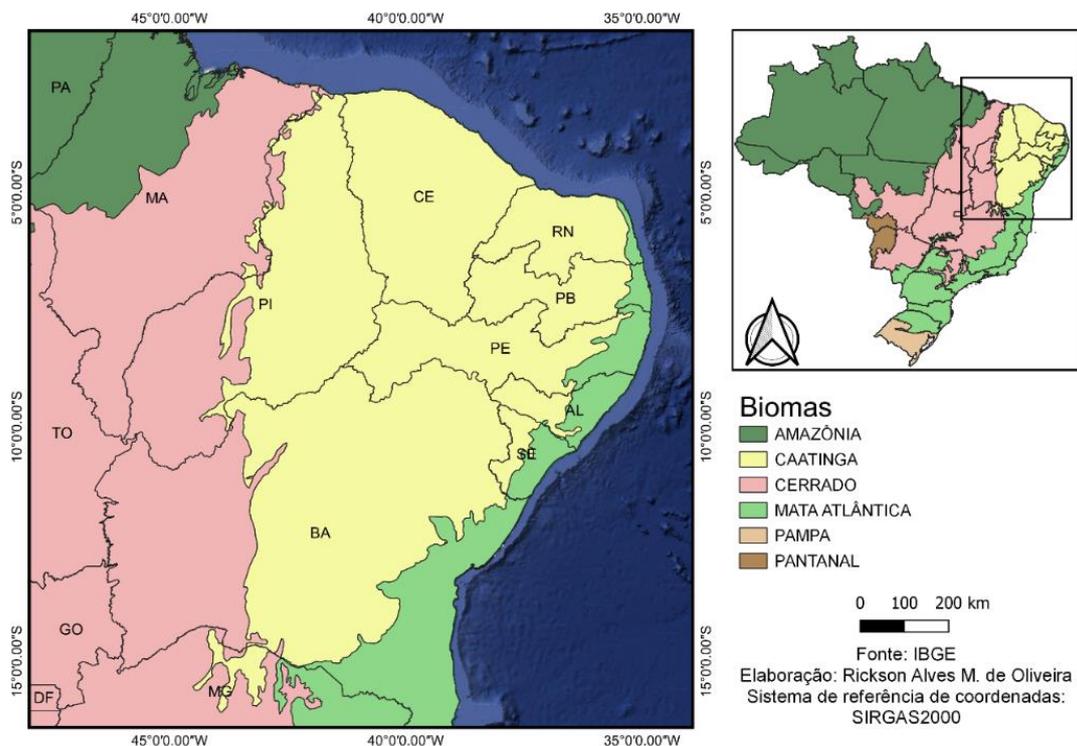


Figura 1. Mapa de geolocalização do bioma Caatinga.

A Caatinga apresenta uma paisagem única, com vegetação adaptada às condições áridas e semiáridas, desempenhando um papel crucial na conservação da biodiversidade e na manutenção dos recursos naturais do país. Exibe diversas espécies de flora e fauna que desenvolveram adaptações singulares para sobreviver em um ambiente de clima marcado pela alta incidência solar, baixa umidade e irregularidade das chuvas (LEAL, 2003; SILVA et al., 2021). Numerosas espécies do ecossistema exibem uma considerável plasticidade fenotípica, manifestando respostas ágeis às mudanças ambientais. Isso se reflete em ajustes como a regulação estomáca, variações na área das folhas e adaptações no potencial osmótico (SOUZA, 2020). Além disso, é comum a ocorrência de atributos como raízes profundas, cascas grossas, presença de espinhos, microfilia e outras características típicas de plantas xerófitas (DRUMOND et al., 2016).

Apesar de sua importância, a Caatinga enfrenta diversos desafios ambientais, como o desmatamento, a degradação do solo e a escassez de água, que são agravados pela ação humana e pelas mudanças climáticas. Segundo estudos avaliando o uso e ocupação do solo do bioma, a mudança de cobertura está agravando o risco de desertificação (SOUZA, 2015). Na avaliação de 1985 até 2022, realizada pelo projeto MapBiomias, foi observado uma perda líquida de vegetação nativa de 10,8%, com um aumento de 21,8% da área destinada para a atividade de agropecuária (Figura 2). Outro problema sofrido por esse ecossistema é a pressão do desmatamento ilegal, dados apontam que cerca de 30% da matriz energética do Nordeste é proveniente de lenha e carvão da Caatinga, com utilização nas indústrias de cerâmicas, olarias, aproveitamento em fornos domésticos, de pizzarias e padarias que utilizam lenha ilegal da Caatinga, aproveitando-se da fragilidade dos órgãos de fiscalização (TAVARES et al.,2020).

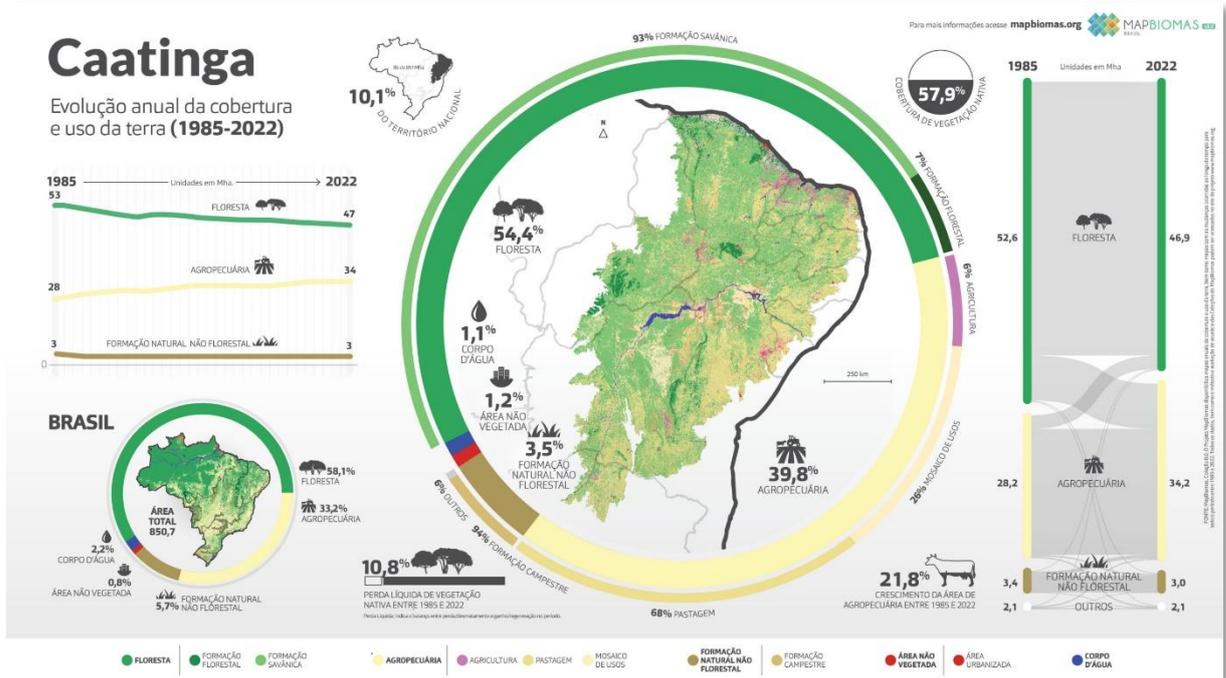


Figura 2. Avaliação de uso e cobertura do solo do bioma Caatinga, realizada pelo projeto MapBiomias (1985-2022). Fonte: Map Biomias.

2.2. Fabaceae

A família Fabaceae, também conhecida como leguminosas, destaca-se como uma notável e proeminente família botânica, situando-se entre as três maiores. Com uma impressionante variedade de mais de 19.000 espécies identificadas, ela engloba variáveis formas de vida, incluindo arbustos, ervas, trepadeiras e árvores. Além disso, essa família apresenta uma distribuição abrangente, com representantes presentes em todos os biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e o Pantanal), ocupando diferentes substratos, incluindo ambientes aquáticos, epífitas, rupícolas e terrestres (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2023).

Um dos aspectos mais notáveis das leguminosas é sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio de uma simbiose com bactérias do solo. Esse fenômeno beneficia não apenas as próprias plantas, mas também contribui para a fertilidade do solo, desempenhando um papel fundamental nos ecossistemas terrestres (OLIVEIRA ABRANCHES, 2021).

Do ponto de vista econômico, as leguminosas desempenham um papel crucial na alimentação humana. Culturas como feijão, soja, ervilha são fontes valiosas de proteínas, fibras

e outros nutrientes essenciais. Além disso, a família Fabaceae contribui significativamente para a agricultura sustentável, promovendo a rotação de culturas e a melhoria da qualidade do solo. Em resumo, as leguminosas da família Fabaceae não apenas enriquecem os ecossistemas naturais, mas também desempenham um papel vital na alimentação global e na preservação ambiental (SILVA, 2023).

2.3. Amburana cearenses

O cumaru (Figura 3) é uma espécie nativa do Brasil e possui ampla distribuição, podendo ser encontrada em diversas regiões do país, incluindo o Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul), Norte (Tocantins). Além de, por consequência desta distribuição, ocupar diferentes fitofisionomias, com ocorrência descrita nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (SELEME, 2020).

A espécie caracteriza-se como decídua nas estações secas, atingindo alturas em média de 6-20 metros, com caule geralmente ereto de diâmetro superior a 30 centímetros. Exibe uma casca castanho-escuro que se descama em finas lâminas e ramos relativamente lisos. Suas folhas são compostas, medindo de 10 a 15 centímetros de comprimento, alternas e imparipinadas, com pecíolos cilíndricos, e folíolos subopostos ovais a elípticos com bases e ápices arredondados ou afilados. As inflorescências, axilares ou situadas nas extremidades dos ramos, consistem em numerosas flores pequenas de cor branca a amarelada. Os frutos em formato de vagem desta árvore são deiscentes de um lado e normalmente contêm uma, por vezes duas, sementes negras e rugosas, com cerca de 1 centímetro de largura e 2 centímetros de comprimento (CNCFLORA, 2012; PAREYN et al., 2018).

O cumaru, é uma árvore versátil com madeira usada na confecção de móveis de luxo, tonéis para bebidas alcoólicas e como lenha de alta qualidade. Além disso, apresenta compostos com aplicações comerciais, na indústria de perfumes e alimentícia (Como a cumarina, presente no lenho, casca e sementes; seu óleo essencial, extraído da casca e sementes; e resina, exsudada pelo tronco), a espécie também é empregada em projetos de restauração florestal em áreas com inundações periódicas, destacando-se como uma espécie multifuncional (CARVALHO, 2003). Estudos também apontam a utilização do cumaru na medicina popular, com efeitos ligados a ação analgésica, antiinflamatória, antireumática e broncodilatadora (ALMEIDA et al., 2010).

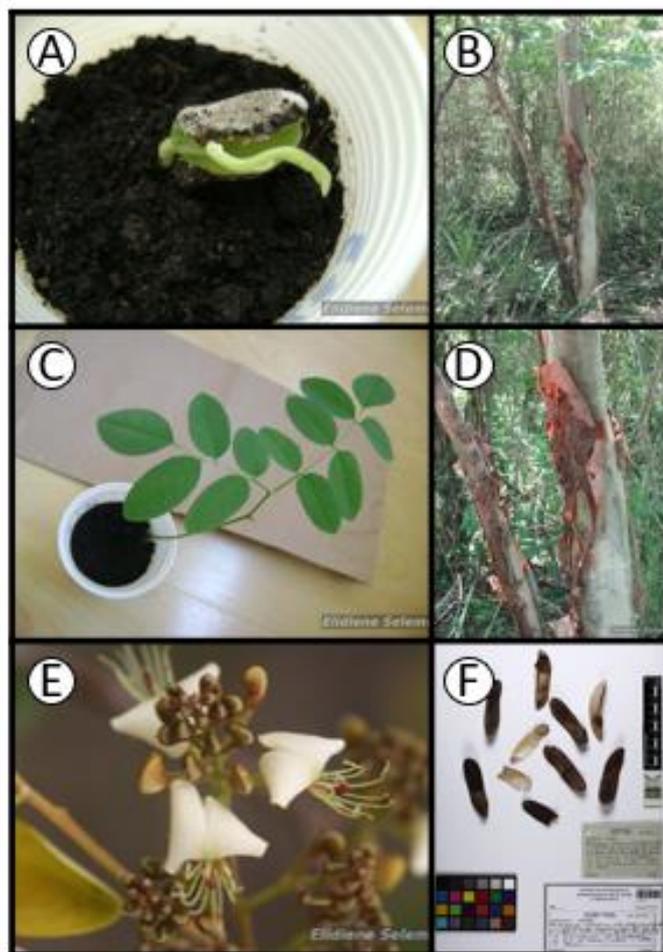


Figura 3. Caracterização morfológica de *Amburana cearenses*. Fonte: Flora e Funga do Brasil.

2.4. *Andira anthelmia*

A espécie Sajadeira é endêmica do Brasil, possuindo ampla distribuição, com ocorrência confirmada segundo nos biomas caatinga, cerrado e mata atlântica, ocupando regiões no Nordeste (Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe), Norte (Pará), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Santa Catarina) (RAMOS, 2020).

A espécie é classificada como perenifólia. Atinge alturas em média 25 metros, com 50 cm de DAP em sua fase adulta, apresentando caule frequentemente levemente tortuoso com até 6 metros. Exibe uma casca acinzentada e rugosa com aproximadamente 10 mm de espessura. Suas folhas alternas, compostas por 9 a 15 folíolos obovais a oblongos, exibem características como ápice de emarginado a acuminado. Possui inflorescências em panículas terminais e axilares multifloras, com flores de coloração róseo-avermelhada e frutos em forma de drupa oblonga (CARVALHO, 2008)

A Sajadeira (Figura 4) destaca-se como uma espécie de múltiplas utilidades, abrangendo desde a medicinal e indústria até a conservação ambiental. Seu papel engloba a oferta de alimento e abrigo para a fauna, propriedades medicinais, apicultura, ornamentação urbana, suprimento de lenha, matéria prima para ferramentas, construção civil e contribuição para a restauração florestal (MACHADO, 2022).



Figura 4. Caracterização morfológica de *Andira anthelmia*. Fonte: Flora do Brasil 2020.

2.5. *Cenostigma pyramidale*

Espécie endêmica do Brasil que possui, segundo “Flora e Funga do Brasil”, distribuição nas regiões nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe) e sudeste (Minas Gerais) do país e ocupação fitogeográfica restrita ao bioma caatinga (GAEM, 2020).

A espécie é decídua, com queda das folhas inverno. Apresenta altura, em média, de no máximo 12 metros, com caule geralmente bifurcado e de diâmetro à altura do peito próximo a 50 centímetros. A casca é lisa, com tonalidade cinza-claro, ou por vezes levemente castanha. Apresenta folhas compostas, bipinadas, medindo de 1 cm a 3 cm nas folhas de ramos adultos, com 5 a 11 folíolos alternos, de aspecto coriáceo, que apresentam cheiro desagradável quando desenvolvidas. As inflorescências são do tipo panícula, curtas, com disposição terminal ou axilar-terminal. Os frutos são do tipo vagem, medindo de 8 cm a 12 cm de comprimento e 2-2,5 cm de largura, de tonalidade castanho-claro, com presença em pequeno volume de pilosidade e tricomas glandulares (CARVALHO, 2014).

A Catingueira (Figura 5) possui múltiplos usos potenciais, abrangendo diferentes áreas. No contexto florestal, ela é valorizada por sua capacidade de restaurar ecossistemas degradados, devido à sua notável resistência a variados tipos de solos e condições ambientais. Seu apelo ornamental também a torna uma espécie potencial para arborização urbana e paisagismo. Além disso, apresenta valor madeireiro, sendo utilizada na produção de estacas, mourões, lenha e carvão. Outros usos associados, são para apicultura (fornecendo néctar e pólen para abelhas), na pecuária (Com suas folhas servindo de alimento para caprinos e ovinos) e por fim, a espécie também desempenha um papel na medicina, com suas cascas, flores e folhas sendo empregadas

no tratamento de hepatite, anemia e distúrbios gastrointestinais, como antidiarreicas (MATIAS, et al., 2019).

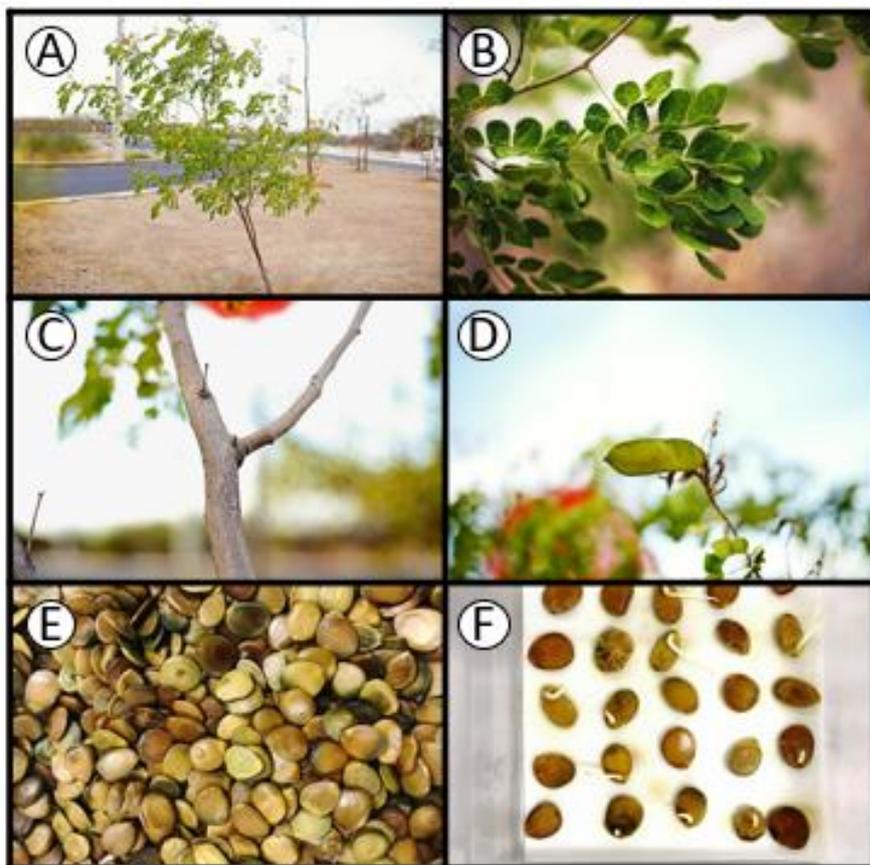


Figura 5. Caracterização morfológica de *Cenostigma pyramidale*. Fonte: NEMA/UNIVASF.

2.5. Caracterização química da madeira

A madeira é um material orgânico complexo, heterogêneo, formado por diferentes tipos de células, com funções variadas. Sua composição química pode ser dividida entre substâncias macromoleculares: celulose, polioses e lignina; e substâncias de baixo peso molecular, como os extrativos e cinzas (em média 0,2 a 5% do peso seco da madeira) (KLOCK et al., 2013).

A holocelulose é uma parte essencial da parede celular das plantas, corresponde a fração de celulose e hemiceluloses juntas. A celulose (40 a 50%) é o polímero natural mais abundante nas plantas, podendo ser definida como um polissacarídeo com unidades de D-anidroglicose unidas através de ligação beta-1,4. Enquanto isso, o termo hemiceluloses (20 a 30%), caracteriza-se como uma mistura de polímeros de polissacarídeos, desempenhando um papel crucial na ligação entre as fibras de celulose. Outro componente fundamental da madeira é a lignina, correspondendo cerca de 15 a 35% do peso desta, pode ser definida como um polímero tridimensional extremamente complexo, composto por unidades de fenilpropano. Além de fornecer rigidez e resistência à matéria vegetal, a lignina desempenha um papel importante na proteção contra microrganismos (KLOCK, 2005).

Os extrativos são compostos não estruturais encontrados nas plantas, responsáveis por características importantes como cor, permeabilidade, inflamabilidade, resistência contra ataques de insetos e microorganismos, representando em média 3 a 10% do peso da madeira seca. Apresentam atuação como material de reserva, de proteção ou agindo como hormônios vegetais. Alguns dos principais grupos como os óleos essenciais, alcaloides, taninos e

flavonoides, desempenham diferentes funções, podendo ser relacionados, por exemplo, a proteção contra predadores, fungos e bactérias, ou mesmo atuarem na atração de polinizadores e dispersores (WASTOWSKI, 2018).

Os extrativos podem ser categorizados com base em sua natureza química (figura 6) em alcaloides (6A), compostos fenólicos (6B), terpenos (6C) e compostos alifáticos (6D). Os alcaloides são moléculas cíclicas que contêm nitrogênio, e exemplos incluem purinas, pirimidinas e quinolinas. Os terpenos, por sua vez, formam um extenso grupo de produtos naturais, resultantes da condensação de unidades de isopreno, e entre seus representantes estão as saponinas, esteroides e triterpenoides. Os compostos fenólicos, como flavonoides e taninos, podem ser caracterizados por uma estrutura básica com pelo menos um núcleo benzênico ligado a um grupo hidroxila, denominado fenol. Compostos alifáticos, cujo alguns dos representantes são as ceras e graxas, constituem uma ampla classe de compostos orgânicos caracterizados pela ausência de anéis aromáticos em sua estrutura (WASTOWSKI, 2018).

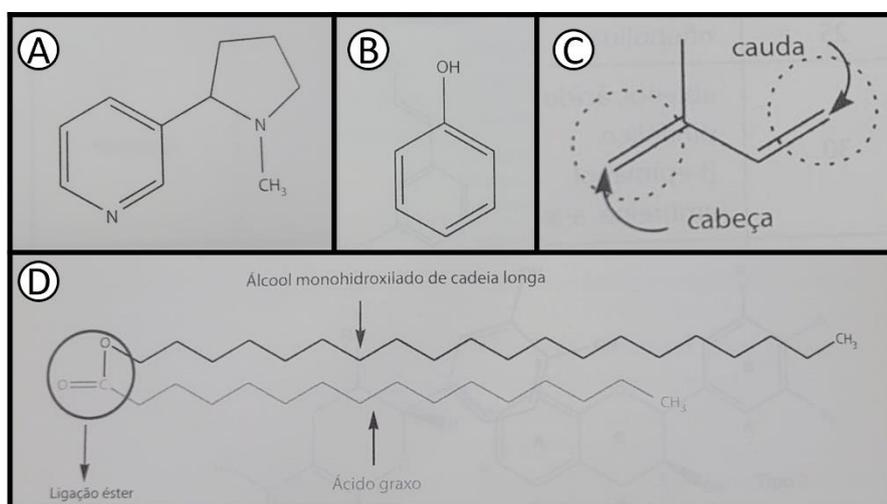


Figura 6. Representação das categorias de extrativos com base em sua natureza química. **A.** Exemplo de alcaloide verdadeiro (nicotina). **B.** Estrutura básica dos compostos fenólicos (fenol). **C.** unidade do isopreno. **D.** estrutura química das ceras. Fonte: Retirado e adaptado de (WASTOWSKI, 2018).

2.6. Compostos bioativos

Compostos bioativos são substâncias químicas que demonstram atividade biológica em sistemas vivos, independentemente de sua origem. Essas moléculas têm a capacidade de modular processos celulares e fisiológicos, podendo influenciar diretamente na saúde humana e no controle de microrganismos. A presença de diversos compostos nas plantas confere a elas papel de destaque como percussoras de soluções para problemas presentes e emergentes da espécie humana. Para identificar a localização de compostos bioativos, é crucial realizar testes em extratos semipuros de diferentes espécies, visando a descoberta de novos princípios ativos. Uma vez identificado o potencial geral do extrato, técnicas como a cromatografia podem ser empregadas para isolar e purificar os compostos responsáveis por funções específicas, fornecendo novas soluções para controle de fungos, bactérias, tratamento de doenças, além da produção de outros químicos industriais (SANT et al. 2009; BARREIRO e FRAGA, 2014).

2.7. Fungos

Os fungos xilófagos desempenham um papel crucial na decomposição de materiais lignocelulósicos, como a madeira. Esses organismos são especializados em quebrar as complexas estruturas de celulose e lignina presentes nos tecidos vegetais. A decomposição causada por fungos xilófagos pode ter sérias implicações para estruturas de madeira, comprometendo sua integridade ao longo do tempo (SILVA, 2014).

A podridão branca é um dos resultados mais comuns da ação dos fungos xilófagos. Causada por fungos como o *Phanerochaete chrysosporium*, esse tipo de deterioração se destaca pela quebra eficiente da lignina na madeira. Os fungos de podridão branca secretam enzimas especializadas que desfazem a estrutura complexa da lignina, resultando em uma descoloração característica da madeira afetada. Esse processo pode levar a uma perda significativa de resistência da madeira, tornando-a suscetível a danos estruturais (TIEN, 1987).

Os basidiomicetos (Filo: Basiomycota) desempenham um papel vital no ciclo do carbono em ecossistemas florestais, com destaque para os fungos de podridão parda, que têm uma influência significativa na degradação de estruturas da madeira. Um exemplo notável é o fungo *Postia placenta*, reconhecido por induzir a podridão parda em madeiras. Este organismo tem a capacidade de decompor celulose e hemicelulose, resultando em resíduos com textura marrom e quebradiça. Sua utilidade em estudos de biodeterioração decorre da eficácia com que degrada o material, reconhecido constantemente por sua capacidade de degradar rapidamente a madeira, focando na holocelulose, enquanto mantém a lignina no processo (DU et al., 2016).

A análise abrangente do genoma de *P. placenta* revelou sistemas exclusivos de enzimas extracelulares, incluindo um repertório incomum de glicosídeos hidrolases extracelulares o que pode explicar o potencial de despolimerização da celulose exercido pelo fungo (MARTINEZ et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material de estudo

O estudo foi desenvolvido a partir de material coletado em talhões localizados na Fazenda Milhã/Poço da Pedra, Rio Grande do Norte (RN), Brasil (Figura 7).

O empreendimento rural é de propriedade particular, possuindo 1.132,78 ha de mata nativa de Caatinga sob manejo florestal sustentável, representando aproximadamente 60% da área total da propriedade. Está situada nas coordenadas 5°35'47.3''S e 35°51'59.6''W, na região Agreste, microrregião de Serra Verde/RN.

As amostras foram provenientes do talhão 8, explorado em 2020, que foi previamente Estudado, por tanto os indivíduos apresentaram condições ambientais semelhantes para seu desenvolvimento. Cada talhão possui 10 parcelas, já demarcadas, que estão georreferenciadas e mapeadas com auxílio de um GPS Garmin 62s. Cada parcela apresentou uma área de 400 m² (20 m x 20 m) e distribuída inteiramente ao acaso nos talhões. Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram abatidas árvores das espécies *A. cearensis* (Cumarú), *A. anthelmia* (Sajadeira), *C. pyramidale* (Catingueira), sendo três indivíduos de cada. E dessas espécies foram coletados discos de madeira nas posições de 0% (junto ao colo da árvore), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore, que foram misturados para as próximas etapas. A madeira foi separada da casca para a realização das análises.

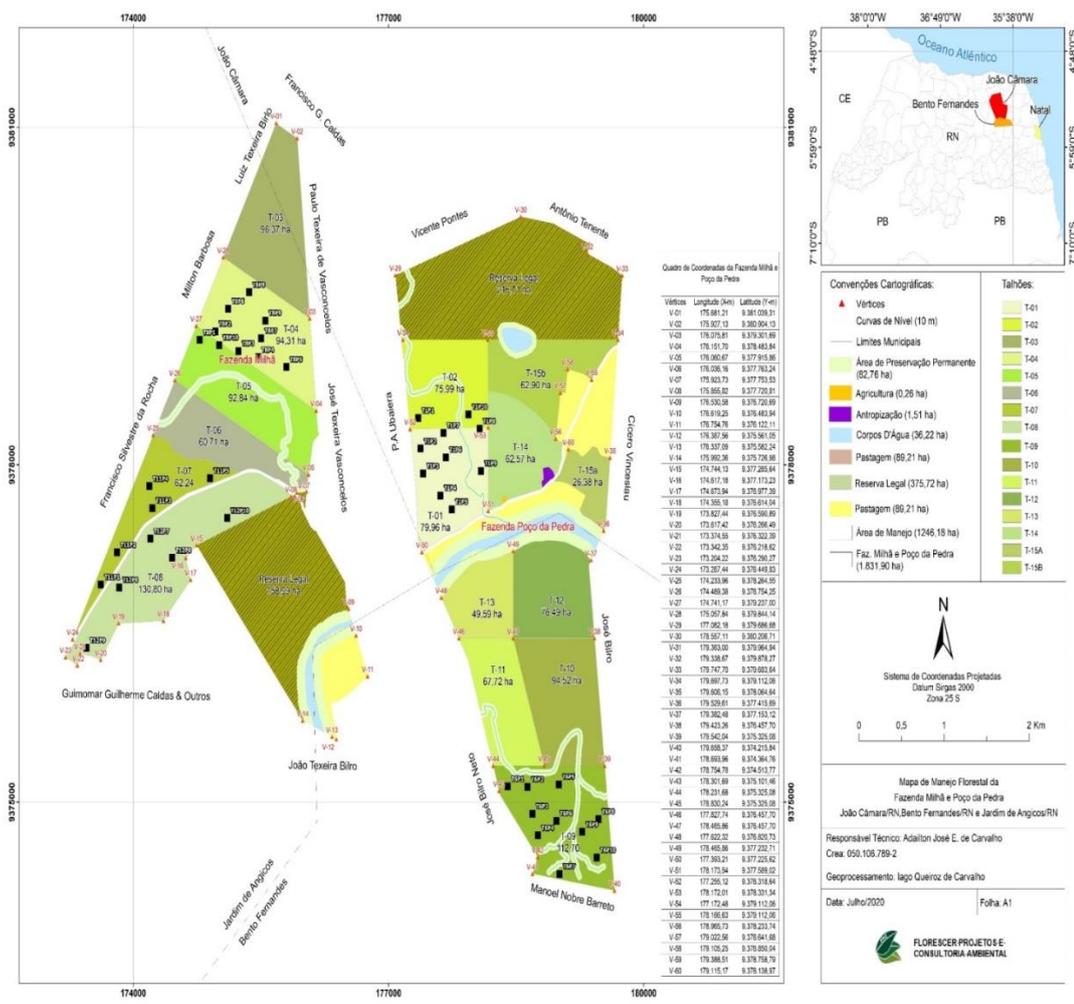


Figura 7. Geolocalização dos talhões utilizados, na Fazenda Milhã/Poço da Pedra, Rio Grande do Norte (RN), Brasil.

3.2. Análise da composição química

O preparo das amostras deu-se com o lasqueamento dos discos e posteriormente adição deste material no moinho tipo Willey. O material foi peneirado, sendo a fração retida na malha 60 mesh depois de passar pela malha 40 mesh, utilizada para o preparo das amostras.

Colocou-se 10 g da amostra peneirada, homogeneizada, em cartuchos de papel filtro e em seguida submetida a três extrações sucessivas com ciclo hexano, acetato de etila e metanol por 12 horas em aparelho soxhlet, utilizando-se 250 ml de cada solvente por extração. Determinou-se os teores de extrativos, holocelulose e lignina utilizando-se do método indicado por ABREU et al. (2006).

3.3. Prospecção Fitoquímica

Os ensaios fitoquímicos para a identificação dos componentes acidentais presentes nas madeiras nesse estudo foram realizados seguindo as metodologias propostas por COSTA (2015), MATOS (1997) e RODRIGUES et al. (2010). As análises foram feitas a partir do extrato hidrofílico (metanol), pois o metanol é empregado na extração de substâncias polares devido à sua capacidade de extrair um amplo espectro de compostos. O extrato hidrofílico de

cada indivíduo, foi submetido 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, flavanonóis 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.

3.4. Teste de potencial antifúngico

Para a realização da avaliação do potencial dos extrativos, foram confeccionados corpos de prova com o processamento de tábuas de *Pinus* em serra circular, atendendo as dimensões de 3x2,5x1cm (ASTM D2017). Nesse processo foram produzidos 36 corpos de prova para ensaios laboratoriais de avaliação do grau de deterioração frente a fungo xilófago de podridão parda, *Postia Placenta*.

O experimento foi desenvolvido em dois tratamentos, com os extrativos metanólicos de cumaru com concentração de 55,20 mg/ml (com uma absorção e retenção média dos corpos de prova, respectivamente, de 521,33 mg/cm³ e 77,52 mg/cm³) e catigueira 34,90 mg/ml (com absorção de 523,02 mg/cm³ e retenção de 64,99 mg/cm³). O potencial de Sajadeira não foi testado no presente trabalho devido à baixa concentração obtida ao longo dos experimentos. Durante um período de 15 dias, os corpos de prova tratados permaneceram em condições climáticas ajustadas até que os pesos, avaliados diariamente, fossem constantes. Após atingir a umidade de equilíbrio com o ambiente, ou seja, apresentando teor de umidade em torno de 13%, foram pesados e levados para avaliação. Para o experimento foram utilizados seis frascos com dois corpos de prova em cada, totalizando 12 repetições por tratamento, e mais seis frascos para o controle, com os corpos de prova sem tratamento.

As avaliações com o fungo foram montadas com o auxílio de frascos de 600 ml, contendo 118 g de solo. Nesses frascos foram adicionados 40 ml de água destilada e duas lâminas de pinus medindo 3x3,5cm, que serviram de substrato para os fungos serem cultivados. Após esse processo, o material passou por esterilização em autoclave à temperatura de 120 ± 1°C, por 30 minutos, ficando aptos a receberem culturas puras dos fungos *P. Placenta*.

Para avaliar a resistência dos corpos de prova frente à ação do fungo, foi utilizado o período que os alimentadores estavam completamente colonizados pelos mesmos. Para tanto, o experimento foi mantido em condição climatizada (28 ± 2 °C e 75 ± 5 % de umidade relativa) durante um período de 4 meses.

Posterior ao período, as amostras passaram por um processo de limpeza e deu-se início a uma nova fase de aclimação dos corpos de prova, com as mesmas condições de umidade e temperatura da primeira, onde permaneceram até que os pesos registrados fossem constantes. Em seguida, o material foi novamente pesado, a fim de se calcular a diferença do valor obtido com o peso inicial, antes da ação dos fungos xilófagos.

Por fim, para a análise dos resultados de eficiência dos tratamentos frente o desenvolvimento do fungo de podridão parda, classificou-se a perda de massa das amostras com a aplicação dos parâmetros descritos na norma ASTM D – 2017 (1994), sendo: muito resistente, para as amostras que apresentaram perda de massa percentual entre 0-10; resistente, entre 11-24; resistência moderada entre 25-44 e não resistente acima de 45% de perda de massa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. *Amburana cearensis*

Com as análises laboratoriais, foi possível avaliar quimicamente os indivíduos de Cumaru utilizados no experimento, tais dados podem ser encontrados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química da espécie *A. cearensis* (Cumaru). Teores de Lignina, Holocelulose e Extrativos por peso de madeira seca.

Espécie	<i>Amburana cearensis</i>				
	Indivíduos	1	2	3	Média
Lignina		20,5%	20,5%	23,0%	21,3%
Holocelulose		58,7%	66,3%	59,8%	61,6%
Extrativos Apolares		2,1%	3,2%	1,4%	2,2%
Extrativos de Polaridade Média		1,1%	1,5%	0,8%	1,1%
Extrativos Polares		4,9%	5,5%	4,2%	4,9%
Total de extrativos		8,1%	10,1%	6,4%	8,2%
*Soma		87,3%	96,9%	89,3%	91,1%

*valores Lignina, Holocelulose e Total de extrativos

Na caracterização realizada por Almeida et al. (2015) a madeira de Cumaru exibiu um teor de holocelulose de 49,27%, 21,14% de lignina, 27,04% de extrativos totais. Os dados encontrados são compatíveis com os dados para teores de lignina no presente trabalho. Já testes de Guedes (2019) apresentaram um teor médio 66% de holocelulose, 33% de lignina e 19,70% de extrativos. Os dados corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho para teores de holocelulose.

Os diferentes teores de extrativos encontrados, podem ser justificados pelo fato da composição e a quantidade desses compostos na madeira apresentarem uma notável variabilidade, influenciada por diversos fatores. Alguns desses são, a idade da árvore, a parte específica avaliada (como casca, cerne e alburno), condições ambientais (como solo, clima e altitude) e as condições de crescimento, incluindo variações sazonais, taxas de crescimento e saúde da árvore em resposta a pragas ou doenças (KILULYAA et al., 2014).

Pelo extrato metanólico ter apresentado o maior rendimento nas extrações, foi utilizado para prospecção (Tabela 2) e como solvente nas extrações para realização dos testes de potencial antifúngico (Tabela 3). Outra justificativa, é o emprego fundamentado do solvente devido à sua capacidade de extrair um amplo espectro de compostos (polares). Demonstrando alta eficiência na extração de compostos fenólicos e flavonoides (SANVIDO, 2015).

Tabela 2. Prospecção fitoquímica da espécie *A. cearensis* (Cumaru).

Constituintes	Cumaru
Alcaloides	+
Taninos condensados	+
Taninos pirogálicos	-
Fenóis	+
Antocianinas e Antocianidinas	-
Flavonas, Flavonóis, Xantonas	+
Chalconas, Auronas	-
Flavanonóis	-

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

Legenda: +. Presença e -. Ausência

Pode-se verificar os resultados positivos para os testes de alcaloides; fenóis; taninos condensados; catequinas; flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas; e para triterpenóides.

Os resultados de Ribeiro e Silva (2022), apontam que a Cumaru é consideravelmente rica em compostos como cumarinas, flavonoides e glicosídeos fenólicos (compostos fenólicos) os quais subsidiam o uso popular como broncodilatador, analgésico e anti-inflamatório. O estudo apontou também que todas as partes da planta contêm compostos que podem apresentar potencial utilização, e que apesar dos benefícios advindos do cumaru, ainda existem poucos trabalhos voltados para suas aplicações, principalmente no que tange potencial antimicrobiano. Outras literaturas apontam a aplicação da espécie na medicina popular para gripe, dor de cabeça, coriza, sinusite, derrame, bronquite, sarampo, febre e influenza (RODRIGUES, 2020).

Ao avaliar o potencial antifúngico do extrativo da espécie Cumaru na concentração de 55,20 mg/ml, verificou-se que este não foi capaz de inibir o desenvolvimento do fungo *Postia Placenta* (tabela 3). A comparação da % de perda de massa, entre controle e tratamento, não apresentou diferença estatística. No entanto notou-se que a impregnação do extrativo da espécie Cumaru agregou um valor estético à madeira de *Pinus* (Figura 8).

Tabela 3. Dados de perda de massa média da madeira de *Pinus* tratada com extrativos de *A. cearensis* (Cumaru), em comparação com a madeira não tratada (em %).

Espécies	Perda de massa média	Classificação pela norma ASTM D – 2017
Controle	30,8	Resistência moderada
<i>Amburana cearensis</i> (Cumaru)	35,9	Resistência moderada

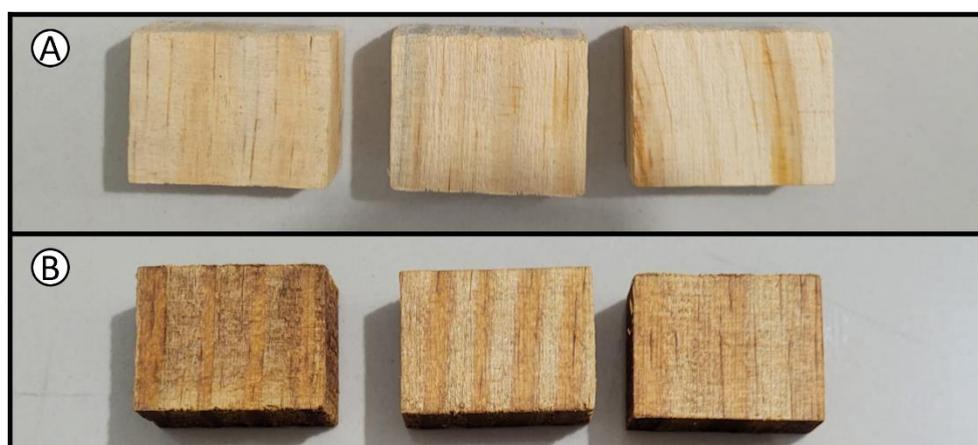


Imagem 8. Valor estético associado a absorção dos extrativos na madeira de *Pinus*. **A.** Controle. **B.** *A. cearensis* (Cumaru).

O levantamento de Mesquita et al. (2017) aponta grande potencial para busca de compostos bioativos na catinga, descrevendo atividade antifúngica para espécies como jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) sobre cepas de *Candida spp.* e atividade antifúngica para espécies do gênero *Croton*. Esses achados evidenciam o potencial dos extratos de espécies advindas da Caatinga frente a fungos, justificando a análises de novas espécies, como no presente trabalho, uma vez que, segundo os autores, pesquisas associadas a temática são escassas.

Levando em conta o incremento de valor estético na madeira de *Pinus*, o trabalho de Barbosa (2021) aponta a potencial utilização do bagaço do pedúnculo do caju, devido a presença de carotenóides e flavonóides, considerando-o como fonte promissora de corantes naturais. Além disso, outros trabalhos procuram soluções para incorporação de cor em madeiras de rápido crescimento, visando torná-las mais parecidas com espécies tropicais, as quais apresentam maior valor agregado (ZANUNCIO, 2014). A prospecção fitoquímica e análise prática do incremento estético na madeira de *Pinus*, agrega à literatura a potencial utilização dos extrativos de cumaru como corante natural de madeira, valorizando e agregando valor, nesse sentido a casca da espécie, tanto quando extrativos de outras espécies, podem ser avaliados como produto de valor comercial.

4.2. *Andira anthelmia*

Os dados encontrados na análise química dos indivíduos de Sajadeira foram compilados e constituem a tabela 4 (RODRIGUES, 2022).

Tabela 4. Caracterização química da espécie *A. anthelmia*. Teores de Lignina, Holocelulose e Extrativos por peso de madeira seca.

Espécie	<i>Andira anthelmia</i>			
	Indivíduos	1	2	3
Lignina	22,7%	17,0%	23,0%	20,9%
Holocelulose	62,4%	66,2%	60,7%	63,1%
Extrativos Apolares	0,6%	0,4%	0,7%	0,6%
Extrativos de Polaridade Média	0,2%	0,4%	0,3%	0,3%
Extrativos Polares	2,1%	2,3%	2,5%	2,3%
Total de extrativos	3,0%	3,1%	3,5%	3,2%
*Soma	88,1%	86,3%	87,3%	87,2%

*valores Lignina, Holocelulose e Total de extrativos

Os dados apresentados corroboram com as informações obtidas em relação a outras espécies da caatinga, conforme investigado por Neto et al. (2012), revelando teores médios de holocelulose na faixa de 54% a 67%, lignina variando entre 22% e 30%, e extrativos totais entre 6% e 15%. Conforme previamente discutido, a variabilidade expressiva nos teores de extrativos é atribuída a diversos fatores, tais como a idade da árvore, a parte específica da planta avaliada, as condições ambientais e os padrões de crescimento (KILULYAA et al., 2014).

Os resultados obtidos também se alinham com as expectativas para espécies de folhosas, conforme indicado por Klock (2005), que descreve médias percentuais de holocelulose entre 65% e 80%, lignina na faixa de 20% a 25%, e extrativos variando entre 1% e 4%. Esta consistência nas observações corrobora com análises realizadas, reforçando a coerência dos

dados obtidos em relação aos padrões esperados para a composição química de espécies vegetais na região da caatinga.

Pelo extrato metanólico também ter apresentado o maior rendimento nas extrações, foi utilizado para prospecção (Tabela 5). Sendo justificado, como já mencionado, pelo devido à sua capacidade de extrair um amplo espectro de compostos (polares).

Tabela 5. Prospecção fitoquímica da espécie *A. anthelmia*.

Constituintes	Sajadeira
Alcaloides	+
Taninos condensado	+
Taninos pirogálicos	-
Fenóis	+
Antocianinas e Antocianidinas	-
Flavonas, Flavonóis, Xantonas	-
Chalconas, Auronas	-
Flavanonóis	-
Leucoantocianidinas	+
Catequinas	-
Flavanonas	+
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas	+
Esteróides	-
Triterpenóides	+
Saponinas	-
Resinas	-

Legenda: +. Presença e -. Ausência

A pesquisa conduzida por AGNES (2023) ressalta a relevância dos compostos encontrados no gênero *Andira*, especialmente enfocando a utilização do pó da casca de espécies desse gênero devido às suas propriedades anti-helmínticas. Um estudo prévio realizado por Silva et al. (2008) investigou esse potencial, especificamente em relação a *Andira anthelmia*. Os resultados indicaram atividade anti-helmíntica associada à presença de flavonoides nas raízes da espécie, frente o nematoide *Aspiculuris tetráptera*. No entanto, destacou-se que o extrato apresentou uma considerável toxicidade.

Além disso, Nascimento et al. (2021) contribuíram para a compreensão do potencial anti-inflamatório dos extratos provenientes das sementes desta mesma espécie. Essas observações destacam a diversidade de propriedades bioativas presentes nos diferentes componentes da sajadeira. Contudo, é necessário considerar cuidadosamente a toxicidade associada aos extratos, a fim de otimizar a segurança e eficácia desses compostos em aplicações terapêuticas.

4.3. *Cenostigma pyramidale*

Os dados da avaliação química dos individuo de catingueira estão presentes na tabela 6.

Tabela 6. Caracterização química das espécies *C. pyramidale* (Catingueira). Teores de Lignina, Holocelulose e Extrativos.

Espécie	<i>Cenostigma pyramidale</i>
---------	------------------------------

Indivíduos	1	2	3	Média
Lignina	15,7%	20,5%	16,8%	17,7%
Holocelulose	69,3%	70,7%	73,3%	71,1%
Extrativos Apolares	0,5%	0,5%	0,3%	0,4%
Extrativos de Polaridade Média	0,8%	0,6%	0,6%	0,7%
Extrativos Polares	3,8%	4,8%	4,3%	4,3%
Total de extrativos	5,1%	5,9%	5,1%	5,4%
*Soma	90,0%	97,1%	95,8%	94,3%

*valores Lignina, Holocelulose e Total de extrativos

No trabalho de ARAÚJO (2018), a madeira de *Cenostigma macrophyllum*, mesmo gênero da espécie trabalhada, apresentou teores de lignina de 34% da massa seca inicial da madeira livre de extrativos, valores bem distantes para o encontrado em catingueira, teores de extrativos totais de 9%. Os teores encontrados estão compatíveis com o avaliado para outras espécies de folhosas e da família Fabaceae, holocelulose com valores médios de 65% a 78%. Lignina com valores médios estão entre 18% e 25%. Os valores médios para extrativos totais em madeiras variam de 3% a 8% (MONTENEGRO, 2010; SANTOS, 2010; PAES et al, 2013).

Pelo extrato metanólico de catingueira, acompanhando as outras espécies avaliadas, também ter apresentado o maior rendimento nas extrações, foi selecionado para prospecção (Tabela 7) e como solvente nas extrações para realização dos testes de potencial antifúngico (Tabela 8). A utilização deste, deu-se também, devido à sua capacidade de extrair um amplo espectro de compostos (polares). Demonstrando alta eficiência na extração de flavonoides e compostos fenólicos (SANVIDO, 2015).

Tabela 7. Prospecção fitoquímica da espécie *C. pyramidale* (Catingueira).

Constituintes	Catingueira
Alcaloides	+
Taninos condensado	-
Taninos pirogálicos	+
Fenóis	+
Antocianinas e Antocianidinas	-
Flavonas, Flavonóis, Xantonas	+
Chalconas, Auronas	-
Flavanonóis	-
Leucoantocianidinas	+
Catequinas	-
Flavanonas	+
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas	+
Esteróides	-
Triterpenóides	+
Saponinas	+
Resinas	-

Legenda: +. Presença e -. Ausência

O estudo de Paiva (2021) destacou o potencial farmacológico significativo dos extratos de etanol da casca de catingueira, evidenciando quantidades substanciais de compostos fenólicos e flavonoides, resultando em notável atividade antioxidante. Os testes indicaram ausência de toxicidade, classificando os extratos como sedativos e ansiolíticos em peixes-zebra

adultos. Os resultados destacam a relevância para a utilização em novos medicamentos ansiolíticos, motivando a investigação mais aprofundada e a identificação de princípios bioativos.

Ao avaliar o potencial antifúngico do extrativo da espécie Catingueira na concentração de 34,90 mg/ml, verificou-se que este não foi capaz de inibir o desenvolvimento do fungo *Postia Placenta* (tabela 8). A avaliação e comparação da % de perda de massa, entre controle e tratamento, não apresentou diferença estatística. No entanto notou-se que a impregnação do extrativo de catingueira agregou um valor estético à madeira de *Pinus* (Figura 9).

Tabela 8. Dados de perda de massa média da madeira de *Pinus* tratada com extrativos de *C. pyramidale* (Catingueira), em comparação com a madeira não tratada (em %).

Espécies	Perda de massa média	Classificação pela norma ASTM D – 2017
Controle	30,8	Resistência moderada
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Catingueira)	28,8	Resistência moderada



Imagem 9. Valor estético associado a absorção dos extrativos na madeira de *Pinus*. **A.** Controle. **B.** *Cenostigma pyramidale* (Catingueira).

A pesquisa conduzida por CHAVES (2016) analisando a catingueira revela a presença de ácido gálico e flavonoides, como catequina, quercetina, rutina e kaempferol, corroborando com os achados deste estudo. Além disso, descreve que o extrato hidroalcolólico da casca de catingueira não demonstrou capacidade de inibir cepas de *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Klebsiella pneumoniae* individualmente. No entanto, foi observada uma redução significativa na Concentração Mínima de Inibição (MIC) quando o extrato foi combinado com determinados antibióticos sintéticos, destacando seu potencial como componente adicional em formulações para tratamento antimicrobiano. Ademais, os resultados do estudo também apontaram uma ação antioxidante significativa em relação ao radical DPPH. Como já discutido, a presença de compostos como flavonoides nos extrativos, podem sugerir potencial como corante natural, agregando valor estético a madeira.

No que tange a absorção e retenção dos extrativos de catingueira na madeira de *Pinus* também foi avaliado um incremento de valor estético, com o escurecimento da madeira, trazendo maior semelhança com madeiras tropicais, de maior valor agregado. Outros trabalhos levantam a importância da cor, juntamente com outras características, para usos finais com maior valor econômico (BARROS, 2014).

Segundo Carvalho (2014) a catingueira é uma das espécies de maior importância econômica para a região da Caatinga, por ser utilizada como fonte primária de energia doméstica, produzindo lenha e carvão de boa qualidade, além disso, por ser utilizada na confecção de mourões, estacas de cercas e esteios. O que coloca essa espécie sobre grande pressão. Sendo assim, estudos que agreguem valor para espécies endêmicas e/ou nativas são de extrema importância, visando a valorização do patrimônio nacional e aproveitamento de maneira mais nobre das espécies (até mesmo sem o abate dos indivíduos, visando a preservação dessas espécies).

5. CONCLUSÃO

- Os teores de extrativos totais, holocelulose e lignina encontrados na caracterização química das espécies da caatinga estão em consonância com os valores médios para folhosas e em espécies da família Fabaceae;
- As espécies da caatinga apresentam metabólitos secundários específicos. Em cumaru encontra-se alcaloides, taninos condensados, flavonoides e triterpenos; em sajeadeira, alcaloides, taninos condensados, flavonoides e triterpenos; e em catingueiras alcaloides, taninos pirogálicos, flavonoides, triterpenos e saponinas;
- A pesquisa elucidou também, que nas concentrações utilizadas, os extrativos das espécies cumaru e catingueira, não foram capazes de inibir o fungo *Postia Placenta*, porém novas pesquisas devem ser realizadas com diferentes concentrações ou frente a outros microorganismos de interesse, tendo em vista a presença de compostos com atividade biológica (fenólicos);
- Ademais, os extrativos de cumaru e catingueira podem ser utilizados como corantes naturais, visto que são capazes de agregar valor estético na madeira.

6. REFEERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNES, K. N. K. et al. **Ethnobotanical knowledge on native Brazilian medicinal plants traditionally used as anthelmintic agents—A review**. *Experimental Parasitology*, p. 108531, 2023.

ALMEIDA, A. M. C. de et al. **Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro**. *Ciência Florestal*, v. 25, p. 165-173, 2015.

ALMEIDA, J. R. G. S. et al. ***Amburana cearensis*: uma revisão química e farmacológica**. 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D2017: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. West Conshohocken: ASTM International, 2005.

ARAÚJO, A. C. C. et al. **Propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal de *Cenostigma macrophyllum*: subsídios ao uso sustentável**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 38, 2018.

AZEVEDO JUNIOR, P. R. L. et al. **Potencial antifúngico "in vitro" de extratos foliares de espécies de *Justicia* L. (Acanthaceae) diante de isolados clínicos veterinários de**

dermatófitos. Research, Society and Development, v. 11, n. 10, p. e62111032346-e62111032346, 2022.

BARBOSA JUNIOR, R. N. S. **Processos de beneficiamento e aproveitamento de resíduos do processamento do caju (*Anacardium occidentale*) uma revisão bibliográfica.** 2021.

BARREIRO, E. J. & FRAGA, C. A. M. **Química Medicinal: As bases moleculares da ação dos fármacos.** Artmed Editora, 2014.

BARROS, S. V. dos S. et al. **Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia.** Cerne, v. 20, p. 337-342, 2014.

CARVALHO, P. **Angelim-lombriga: *Andira anthelmia*.** 2008.

CARVALHO, P. **Catingueira: *Poincianella pyramidalis*.** 2014.

CARVALHO, P. **Cumarú: *Amburana cearensis*.** 2003.

CHAVES, T. P. et al. **Evaluation of the interaction between the *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz extract and antimicrobials using biological and analytical models.** Plos One, v. 11, n. 5, p. e0155532, 2016.

CNCFLORA. ***Amburana cearensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora.** Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Amburana cearensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Amburana%20cearensis)>. Acesso em 20 outubro 2023.

DRUMOND, M. A. et al. **Caracterização e usos das espécies da caatinga: subsídio para programas de restauração florestal na Unidades de Conservação da Caatinga (UCCAs).** 2016.

DU, H. et al. **Morphological characterization and quantification of the mycelial growth of the brown-rot fungus *Postia placenta* for modeling purposes.** PloS one, v. 11, n. 9, p. e0162469, 2016.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Fabaceae.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115>>. Acesso em: 13 dez. 2023

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 21 Out 2023

GAEM, P.H. ***Cenostigma* in Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB606076>>. Acesso em: 21 out. 2023

HOMMA, A. K. O. **Benefícios da domesticação dos recursos extrativos vegetais.** 2008.

IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia
Nota: Mapa elaborado com dados de: Cobertura vegetal dos biomas brasileiros. In: Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Portal Brasileiro sobre Biodiversidade - PORTALBio. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0e471fba-2870-4460-95fa-d197e6c94ffa>

IBGE. **Mapa Interativo dos Biomas do Brasil.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/#/mapa/>

KIILL, L. H. P. et al. **Preservação e uso da caatinga.** 2007.

- KILULYA, K et al. **Effect of site, species, and tree size on the quantitative variation of lipophilic extractives in Eucalyptus woods used for pulping in South Africa.** *Industrial crops and products*, v. 56 p. 166 -174, 2014.
- KLOCK, U. e ANDRADE, A. S. **Química da Madeira.** 4ª ed. rev. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.
- KLOCK, U.; ANDRADE, A.S. **Química da madeira.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2013.
- KLOCK, Umberto et al. **Química da madeira.** Fupef, Curitiba, 2005.
- LEAL, I. R. **Ecologia e conservação da Caatinga.** Editora Universitária UFPE, 2003.
- LIMA, M. F. F. et al. **Avaliação toxicológica através do bioensaio com *Artemia salina* Leach de espécimes vegetais pertencentes à caatinga.** *Braz. J. Hea. Rev.*, v. 2, n. 6, p. 5950-5963, 2019.
- MACHADO, J. et al. **Potencial de uso das espécies da restinga arbórea da fazenda experimental da ressacada.** 2022.
- MARTINEZ, D. et al. **Genome, transcriptome, and secretome analysis of wood decay fungus *Postia placenta* supports unique mechanisms of lignocellulose conversion.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 6, p. 1954-1959, 2009.
- MATIAS, J. R. et al. **Catingueira-verdadeira *Poincianella pyramidalis* [Tul.] LP Queiroz.** 2019.
- MESQUITA, M. O. M. de et al. **Potencial antimicrobiano de extratos e moléculas isolados de plantas da Caatinga: uma revisão.** 2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Caatinga.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga>
- MONTENEGRO, A. et al. **Caracterização química da madeira do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).** In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, 43., 2010, São Paulo. Sessões Técnicas. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2010.
- MyCoPortal - *Postia placenta.* Disponível em: <https://www.mycportal.org/portal/taxa/index.php?tid=408545>>. Acesso em: 2 novembro de 2023.
- NASCIMENTO, F. L. F. D. et al. **The Anti-Inflammatory Effect of Andira Anthelmia Lectin In Rats Involves Inhibition of The Prostanoid Pathway, TNF- α And Lectin Domain.** 2021.
- NEMA / UNIVASF. **Espécie do mês: Catingueira.** Disponível em: https://www.nema.univasf.edu.br/site/index.php?page=newspaper&record_id=40>. Acesso em: 22 out. 2023.
- OLIVEIRA ABRANCHES, M. et al. **Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e7410716351-e7410716351, 2021.
- PAES, J. B. et al. **Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro.** *Floresta e Ambiente*, v. 20, p. 550-555, 2013.

- PAIVA, C. F. **Estudo químico e farmacológico de plantas da caatinga: *Cenostigma Pyramidale* Gagnon & GP Lewis E *Libidibia Ferrea* LP Queiroz.** 2021.
- PAREYN, F. G. C. et al. **Amburana cearensis: Amburana-de-cheiro.** 2018.
- PENNINGTON, R. T. et al. **877. ANDIRA ANTHELMIA: Leguminosae–Papilionoideae.** Curtis's Botanical Magazine, v. 35, n. 2, p. 125-133, 2018.
- PICCIRILLO, E. e AMARAL, A. T. **Busca virtual de compostos bioativos: conceitos e aplicações.** Química Nova, v. 41, p. 662-677, 2018.
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil.** acessado em 01/11/2023 através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/infograficos/>
- RAMOS, G. et al. 2020. **Andira in Flora do Brasil 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29439>>. Acesso em: 21 out. 2023
- RIBEIRO, F e SILVA, D. P. **Utilização do cumaru como planta medicinal: revisão bibliográfica.** Scire Salutis, v. 12, n. 1, p. 82-93, 2022.
- RODRIGUES, M. A. **Caracterização química das madeiras de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga.** 2022.
- SÁ-FILHO, G. F. et al. **Medicinal plants used in the Brazilian caatinga and the therapeutic potential of secondary metabolites: a review.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 13, 2021.
- SANT, C. M. R. et al. **Métodos de modelagem molecular para estudo e planejamento de compostos bioativos: Uma introdução.** Revista Virtual de Química, v. 1, n. 1, p. 49-57, 2009.
- SANTANA, J. A. S. et al. **Florística, fitossociologia e índices de diversidade da caatinga em assentamento rural no Rio Grande do Norte, Brasil.** Biodiversidade Brasileira, v. 11, n. 1, 2021.
- SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalipto.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 159 p. 2010.
- SELEME, E.P. **Amburana in Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22781>>. Acesso em: 20 out. 2023
- SILVA, E. J. M. et al. **Agronomic importance of the fabaceae family: a systematic review.** Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente, v. 16, n. 2, jul-dez, p. 289-301, 2023.
- SILVA, J. et al. **Flora e fauna da Caatinga: cartilha para alunos de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas no Ceará.** 2021.
- SILVA, J. H. C. et al. **Amburana cearensis: pharmacological and neuroprotective effects of its compounds.** Molecules, v. 25, n. 15, p. 3394. 2020.
- SILVA, L. F. da et al. **Deterioração da madeira de Eucalyptus spp. por fungos xilófagos.** Cerne, v. 20, p. 393-400, 2014.
- SILVA, V. C. et al. **Atividade anti-helmíntica dos flavonóides isolados das raízes de *Andira anthelmia* (Leguminosae).** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 18, p. 573-576, 200

SOUSA, L. M. S. et al. ***Poincianella pyramidalis* (Tul) LP Queiroz: A review on traditional uses, phytochemistry and biological-pharmacological activities.** Journal of Ethnopharmacology, v. 264, p. 113181. 2021.

SOUZA, B. I. et al. **Caatinga e desertificação.** Mercator (Fortaleza), v. 14, p. 131-150. 2015.

SOUZA, D. D. **Adaptações de plantas da Caatinga.** Oficina de Textos, 2020.

TAVARES, B. G. et al. **Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga.** Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2020.

TIEN, M. **Properties of ligninase from Phanerochaete chrysosporium and their possible applications.** CRC Critical reviews in microbiology, v. 15, n. 2, p. 141-168, 1987.

VIZZOTTO, M. et al. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância.** 2010.

WASTOWSKI, A. D. **Química da madeira.** Rio de Janeiro: Interciência, 2018. 584 p.

ZANUNCIO, A. J. V. et al. **Termorreificação e colorimetria da madeira de Eucalyptus grandis.** Floresta e Ambiente, v. 21, p. 85-90, 2014.