



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PROCESSOS**



AMANDA SILVA DA COSTA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE E
CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart.
Ex DC) Mattos – IPÊ ROXO – BIGNONIACEAE**

**CAMPINA GRANDE - PB
2022**

AMANDA SILVA DA COSTA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE E
CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart.
Ex DC) Mattos – IPÊ ROXO – BIGNONIACEAE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, pertencente a linha de pesquisa desenvolvimento de processos como requisito para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva (UFCG)

**CAMPINA GRANDE - PB
2022**

- C837o Costa, Amanda Silva da.
Otimização do processo de obtenção de extratos da casca do caule e caracterização dendrológica de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos – ipê roxo – bignoniaceae / Amanda Silva da Costa. – Campina Grande, 2022.
77 f. : il. color.
- Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.
"Orientação: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva".
Referências.
1. Desenvolvimento de Processos. 2. Ipê Roxo – Cultura. 3. Extração da Casca – Ipê Roxo. 4. Casca de Ipê. 5. Identificação de Plantas. I. Silva, Osvaldo Soares da. II. Título.

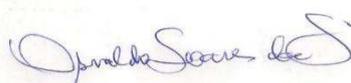
CDU 66.095:582.951.8(043)

AMANDA SILVA DA COSTA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE E
CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart.
Ex DC) Mattos – IPÊ ROXO – BIGNONIACEAE**

APROVADO EM: 31/10/2022

BANCA EXAMINADORA:



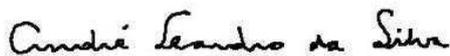
Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva - UAEAli/CTRN/UFCG
Orientador



Prof^a Dr^a. Cheila Deisy Ferreira - UAEF/UFCG
Examinador Externo



Engenheiro Dr. Silvio Alves Moreira - SEMADS
Examinador Externo



Prof. Dr. André Leandro da Silva - CSTR/UFCG
Examinador Externo



Prof. Dr^a Islanny Alvino Leite Soares - SEETC
Examinador Externo

**CAMPINA GRANDE - PB
2022**

DEDICO

A minha querida mãe Lúcia (in memória), minha maior incentivadora, meu maior exemplo de força e determinação, razão por estar aqui hoje.

Queria que estivesse aqui comigo.

Aos meus filhos amados, João, Flora e Mateus, que hoje são a minha motivação diária.

É tudo por vocês e para vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, só ele sabe o que enfrentei nesses anos que transcorreram o doutorado. A ele minha gratidão por conseguir chegar até aqui.

Ao meu marido Iramy, por todo o apoio, principalmente nas semanas que antecederam a defesa, você foi essencial.

Aos meus irmãos Pedro e Ana Paula, nossos laços são eternos, vocês são extremamente especiais na minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr^o Osvaldo, pela orientação e confiança no meu trabalho.

A Professora Dr^a Cheila, sou eternamente grata a você, minha orientadora e amiga, sem sua ajuda a realização desse trabalho não teria sido possível. Minha gratidão por tantos ensinamentos, fico feliz pela profissional competente e generosa que se tornou.

Ao Engenheiro Químico Dr^o Sílvio, que orientou a forma que o primeiro capítulo deveria ser conduzido e por todas as sugestões que ajudaram a melhorar o conteúdo desta tese.

Ao Prof. e coordenador do LANA (Laboratório) Dr^o André, por me receber de forma tão gentil, sempre me deixando a vontade para trabalhar no laboratório e por toda disposição em participar das bancas, sempre agregando conhecimento e melhorando esse trabalho.

A Dr^a Islanny, minha colega de laboratório, que foi uma inspiração para conclusão deste trabalho. Sempre a disposição para o que fosse necessário.

Ao Prof. e coordenador do Laboratório de Farmacologia, Dr. Onaldo Guedes, por ter disponibilizado o laboratório para execução prática desta pesquisa.

A Rodrigo e Diógenes, proprietários do Sítio Serrota onde foram realizadas as coletas e pesquisa in loco, grata pela permissão para utilizar a área no que fosse necessário.

A Maria Lucivância, por saber que posso contar com você e por cuidar tão bem dos meus filhos na minha ausência.

COSTA, A.S. **OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE E CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos – IPÊ ROXO – BIGNONIACEAE.** 2022. 77f. (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, 2022.

RESUMO

O Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.)) é uma espécie nativa do Brasil, pertencente à família botânica Bignoniaceae. Essa espécie possui uma significativa importância econômica, com potencial de utilização do extrato fitoterápico para fins medicinais, compor áreas em reflorestamento, alimentação da fauna, produção de mel e paisagismo em geral.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivos otimizar o processo para obtenção de extratos líquido e seco da casca *in natura* para fins medicinais e descrever as características dendrológicas da espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos. O trabalho foi dividido em dois capítulos, no qual o Capítulo I aborda o processo para a obtenção de extratos concentrados da casca do ipê, obtidos em um processo com operações unitárias de extração e evaporação, e o outro capítulo descreve as características macromorfológicas e biométricas de indivíduos adultos de *H. impetiginosus*. No primeiro capítulo, a otimização do processo ocorreu quando se utiliza elevadas temperaturas (80 °C), menor tempo (30 min) e menor concentração de solvente (40%) no momento da operação, independente da temperatura do evaporador rotativo.

Com base nos dados coletados, no Capítulo II, observou-se que a *H. impetiginosus* é uma espécie terrícola, caducifólia, hábito arbóreo, com copa ampla e formato globoso. Conclui-se que para identificação das espécies em campo, os caracteres macromorfológicos das estruturas reprodutivas são relevantes, contudo, um fato que facilita a identificação das espécies em campo e estão presentes ao longo de todo ano, independente do período seco ou chuvoso, são as características macromorfológicas vegetativas da copa, fuste e da casca.

Palavras-chaves: Extração da casca de *H. impetiginosus*, Casca de Ipê, Identificação de Plantas.

COSTA, A.S. **OPTIMIZATION OF THE PEEL EXTRACTION PROCESS BARK AND DENDROLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos – PURPLE IPE – BIGNONIACEAE.** 2022. 76f. Thesis (Doctorate in Process Engineering) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2022.

ABSTRACT

The purple ipe (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC.)) is a species native to Brazil, belonging to the botanical family Bignoniaceae. This species has a significant economic importance, with the potential to use of herbal extract for medicinal purposes, composing areas in reforestation, fauna feeding, honey production and landscaping in general. Given the above, this research aimed to optimize the process for obtaining liquid and dry extracts of the bark in natura for medicinal purposes and to describe the dendrological characteristics of the species.

The work was divided into two chapters, in which Chapter I deals with the process for obtaining concentrated extracts from the bark of ipê, obtained in a process with unitary operations of extraction and evaporation, and the other chapter describes the macromorphological and biometric characteristics of adult individuals of *H. impetiginosus*. In the first chapter, the optimization of the process occurred when using high temperatures (80°C), shorter time (30 min) and lower solvent concentration (40%) at the time of operation, regardless of the temperature of the rotary evaporator. Based on the data collected, in Chapter II, it was observed that *H. impetiginosus* is a terrestrial, deciduous species, arboreal in habit, with a broad crown and globular shape. It is concluded that for the identification of species in the field, the macromorphological characters of the reproductive structures are relevant, however, a fact that facilitates the identification of species in the field and are present throughout the year, regardless of the dry or rainy season, are the characteristics vegetative macromorphology of the crown, stem and bark.

Key words: Bark extraction *H. impetiginosus*, Ipe Bark, Plant Identification.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - IPÊ ROXO

Figura 1: Produto seco em pó obtido das etapas de trituração, secagem e tamisação da casca de *Handroanthus impetiginosus*.

Figura 2: Processo de extração e evaporação da casca do caule de *H. impetiginosus* com aquecimento em agitador magnético (A), pesagem (B), secagem em evaporador rotativo (C) e produto final (D).

Figura 3: Superfícies de respostas para taxa de recuperação durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.

Figura 4: Superfícies de respostas para taxa de evaporação durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.

Figura 5: Superfícies de respostas para perdas durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - IPÊ ROXO

Figura 1: Aspectos da copa no período chuvoso (A; B) e no período seco (C; D) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Figura 2: Aspectos da casca morta ou ritidoma (A) e casca viva (B) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Figura 3: Disposição das folhas nos ramos (A), lado adaxial (B) e abaxial (C) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Figura 4: Aspectos dos elementos florais de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Figura 5: Aspectos dos frutos de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) verdes aderidos aos ramos (A), frutos maduros com início de abertura (B), fruto maduro, totalmente aberto liberando as sementes (C) e fruto verde, maduros fechado e aberto com eixo central visível.

Figura 6: Sementes de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) de frutos coletados em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - IPÊ ROXO

Tabela 1: Planejamento das variáveis independentes utilizadas para obtenção de extratos da casca do caule de *H. impetiginosus*.

Tabela 2: Matriz de planejamento das variáveis independentes 2^3 para otimização de obtenção de extratos da casca do caule de *H. impetiginosus*.

Tabela 3: Caracterização físico-química da casca do caule de *H. impetiginosus*.

Tabela 4: Tabela de análise de variância para a variável taxa de recuperação em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 5: Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável taxa de recuperação em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 6: Tabela de análise de variância para a variável taxa de evaporação em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 7: Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável taxa de evaporação em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 8: Tabela de análise de variância para a variável perdas do processo em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 9: Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável perda em ensaios de secagem do extrato da casca do caule de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Tabela 10: Resultados da melhor condição de processo de acordo com o teste de média de Scott-Knott e superfícies de respostas para as variáveis recuperação, evaporação e perdas.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - **IPÊ ROXO**

Tabela 1: Estatística descritiva da Altura dos Indivíduos Adultos (m) e Circunferência a Altura do Peito CAP (cm) do Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), coletados em área de Caatinga, Paraíba Brasil.

Tabela 2: Estatística descritiva da caracterização biométrica de frutos e sementes do Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), coletados em área de Caatinga, Paraíba Brasil.

ANEXO

Tabela 1. Matriz de Planejamento $2^4 + 3$ pontos centrais dos extratos para concentração em evaporador rotativo.

Tabela 2. Resultado da melhor condição de processo de acordo com as superfícies de respostas

LISTA DE ABREVIATURAS

CONC - Concentração do solvente
TEMEVAP - Temperatura de evaporação
TEMEXT - Temperatura de extração
TEMPOEXT - Tempo de extração
M - Molhabilidade
TA - Teor de água
SOL – Solubilidade (%)
TR – Taxa de recuperação
TE – Taxa de evaporação
Mi – Massa inicial alimentada (g)
Mfc – Massa final coletada
Ms – Massa de sólidos alimentada
t – tempo (min)
R – Recuperação do produto
FH – Fator de Hausner (%)
IC – Índice de Carr (%)
 ρ_c - Densidade compactada
 ρ_{ap} - Densidade aparente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 <i>Handroantus impetiginosus</i>	14
2.2 Plantas Medicinais	15
2.3 Processos de extração e secagem	16
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I: Otimização do processo extrativo da casca do caule de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC) - Ipê Roxo	22
Anexo	52
CAPÍTULO II: Caracterização dendrológica de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC) Mattos – Ipê roxo	53

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Bioma Caatinga está presente em todos os estados do nordeste do Brasil, possui uma flora bastante diversificada. Originalmente estendia-se por uma área de quase um milhão de hectares, no entanto, apenas 40% dessa área permanece coberta por vegetação nativa (GARIGLIO et al., 2010). Segundo Silva (2014), existem informações sobre a degradação da caatinga, no entanto, são poucas as informações sobre os benefícios econômicos da biodiversidade desse bioma, e a ausência desse conhecimento oculta as riquezas efetivas atribuídas ao potencial das espécies.

Dentre as espécies que apresentam essas potencialidades é conhecido o *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.), uma espécie da família botânica Bignoniaceae, denominada popularmente na região semiárida do Brasil como Ipê roxo ou Pau d'arco. Essa espécie caracteriza-se por ser uma árvore de grande porte com altura variando entre 8 e 12 metros, podendo chegar a 30 m, no interior da floresta (LORENZI, 1992). A mesma possui ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada nos Biomas Mata Atlântica, tanto na floresta pluvial como semidecídua, Cerrado e Caatinga. E no nordeste brasileiro, onde a caatinga é predominante, ocorre em todos os estados (LORENZI, 1992; PACHECO; SILVA, 2019).

Essa espécie possui grande potencial de utilização, sendo recomendada para fins ornamentais, devido à beleza cênica durante o período de floração, o que a torna recomendada para o paisagismo em geral, como na arborização de praças e jardins (PACHECO e SILVA, 2019). Além deste uso, a literatura descreve outras possibilidades, como uso de sua madeira para fabricação de móveis e na construção civil e naval. Estas utilizações se dão em virtude da qualidade tecnológica da madeira, como por exemplo, a alta resistência mecânica e longa durabilidade natural (SAUERESSIG et al., 2014). Além do mais, sua casca é bastante utilizada como fitofármacos, onde estudos apontam substâncias isoladas como 2-acetil furanonaftoquinona, Lapachol, desidro- α -lapachona, entre outras, com ação em atividades biológicas como anticâncer, adstringentes, antiinflamatórias, antioxidantes e antibacterianas (SILVA et al., 2012; COELHO, 2015; SOUZA, 2017; PACHECO; SILVA, 2019).

De acordo com Marchiori (1997), conhecer a floresta de maneira integral é um pré-requisito para a prática da silvicultura, com isso, mesmo com todas essas potencialidades acima descritas sobre a utilização da espécie em estudo, faz-se necessário a princípio a identificação e reconhecimento correto das espécies. Visando atender os

objetivos de identificação e posterior utilização, pode-se recorrer a uma ciência denominada dendrologia, onde a mesma trata do estudo das árvores em seus múltiplos aspectos e utiliza-se de características macromorfológicas, facilitando a identificação e reconhecimento das mesmas ainda em campo. Diante dessas informações, vale ressaltar que não foram encontrados estudos tocantes à identificação e caracterização dendrológica para a espécie em estudo.

Nos últimos anos, tem-se observado um grande avanço científico acerca de estudos envolvendo plantas medicinais que visam obter novos compostos com propriedades terapêuticas.

Diante de uma flora tão rica em plantas com potencial fitoterápico, torna-se fundamental o aprofundamento de estudos acerca de plantas medicinais, a pesquisa diante dessas informações populares utiliza como referência para objeto de estudo, além de estimular o desenvolvimento da região quanto à produção e comercialização legal dos produtos fabricados, como utilização racional das fontes naturais da região, propiciando assim, maior acesso aos medicamentos pela população de baixa renda.

O interesse por produtos fitoterápicos faz com que surjam pesquisas relativas à identificação e uso das plantas medicinais, sendo os processos de extração e secagem partes fundamentais para obtenção de compostos presentes nas diferentes partes dos vegetais, no entanto, ainda são incipientes os estudos visando estabelecer e otimizar os protocolos de acordo com cada espécie e, principalmente, com cada parte do vegetal que se pretende extrair, elucidando assim, como, por exemplo, as variáveis de temperatura, tempo, e concentrações hidroalcoólicas ideais durante os processos de extração e secagem.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivos otimizar o processo para obtenção de extratos líquido e seco da casca *in natura* para fins medicinais e descrever as características dendrológicas da espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.)

Existe uma grande quantidade de espécies nativas com potencial de exploração para diversos fins, contudo esta exploração deve ser de forma sustentável, evitando degradação ambiental e desaparecimento das espécies em seus habitats naturais (FREIRE; ALVES; 2017).

Pois, ainda são primários os conhecimentos a respeito de espécies florestais nativas, conjuntamente com suas características botânicas e dendrológicas (CUNHA et al., 2005).

O *H. impetiginosus* é uma espécie de hábito arbóreo, nativa da flora brasileira e com ampla distribuição geográfica. De acordo com Cruz et al. (2004), a mesma apresenta múltiplos usos como arborização urbana, projetos paisagísticos, além de possuir madeira de excelente qualidade. Para Souza et al. (2020), devido às características da sua madeira, é extensamente utilizada na construção civil, com destaque na cadeia produtiva do setor florestal brasileiro, concernindo ao maior elo da produção madeireira pondo esta espécie como uma das preeminentes do mercado florestal mundial.

Entre seus múltiplos usos, o medicinal tem também ganhado destaque, pois o *H. impetiginosus*, onde estudos apontam substâncias naturais isoladas como 2-acetil furanonaftoquinona, Lapachol, desidro- α -lapachona, entre outras, com ação em atividades biológicas como anticâncer, adstringentes, antiinflamatórias, antioxidantes e antibacterianas (SILVA et al., 2012; COELHO, 2015; SOUZA, 2017; PACHECO; SILVA, 2019). A substância denominada Lapachol, está entre os princípios ativos de maior interesse científico (ARAÚJO; ALENCAR; ROLIM NETO; 2002). Segundo Souza et al. (2020), essa espécie, apresentou maior rendimento da substância Lapachol do que as outras espécies do gênero *Handroantus*, sendo possível proporcionar em escala comercial para indústria química e farmacêutica.

Entre as partes da planta de *H. impetiginosus*, vale ressaltar, que a casca do caule tem sido, especialmente, utilizada para extração do fitofármaco β -lapachona (β LAP) (CUNHA FILHO et al., 2009). Além do mais, essa espécie também é muito utilizada como recurso terapêutico para várias doenças na medicina popular (HIGA, 2007), sendo a casca do caule muito empregada para tratamento de diversas doenças pelas comunidades tradicionais da Caatinga (MARINHO; SILVA; ANDRADE; 2011; PEREIRA JÚNIOR et al., 2014; RIBEIRO et al., 2014).

2.2 Plantas medicinais

A aplicação de espécies vegetais com finalidades terapêuticas e cura de doenças, é uma prática desde o início da civilização, desse modo, a partir do momento em que o homem teve conhecimento de que poderia modificar o meio ambiente em seu benefício, passou a utilizar algumas plantas para fins medicinais (GADELHA et al., 2013). Corroborando com esta idéia Ferreira e Pinto (2010) relatam que no processo evolutivo, o homem foi compreendendo que necessitava separar as plantas para alimentação e para o tratamento das doenças. O efeito desse processo é o domínio do conhecimento e uso de plantas e ervas medicinais por grande parte da população.

Como resultado desse processo evolutivo, de maneira histórica, as plantas medicinais são consideradas fundamentais como fitoterápicos e na descoberta de novos fármacos. Estima-se que pelo menos 25% de todos os medicamentos modernos são derivados diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, principalmente, por meio da aplicação de tecnologias modernas ao conhecimento empírico (BRASIL, 2012).

A eficiência do uso das plantas medicinais na terapêutica de várias doenças e seu entendimento sobre preparo e uso, propagado de geração em geração de forma empírica, auxilia no uso pela população tradicional. Há uma precaução entre os pesquisadores sobre aspectos relativos à identificação e uso apropriado das plantas medicinais, sendo fundamental estudos detalhados integrando profissionais da etnobotânica, etnofarmacologia e fitoquímica, propensos a resgatar informações populares e analisá-las (MARINHO et al., 2011).

Embora o uso de plantas como recursos medicinais sejam utilizados a muitas décadas, segundo Fenalti et al. (2016) faz-se necessário buscar o conhecimento científico das plantas utilizadas com fim medicinal pela população, pois para se trabalhar com plantas medicinais é necessário que haja alguns processos, como a identificação correta da espécie, coleta e armazenamento adequados, finalizando com a preparação e aplicação terapêutica, que deve ser apropriada para que as respostas sejam consideráveis. Dessa forma, a aplicação imprecisa das plantas ou o uso de técnicas ineficazes de preparação podem acometer o produto final ou provocar efeitos colaterais (PACHU, 2007).

Atualmente, os elementos oriundos dos vegetais na indústria farmacêutica, são usados para extração de princípios ativos, sobretudo, na produção de tinturas, chás, xaropes, extratos fluidos e secos, no entanto, para que sejam utilizados nos serviços de

saúde os constituídos vegetais devem ser padronizados com particularidades qualitativa e quantitativa dos seus princípios ativos, disponibilizando exigências básicas como, qualidade, efetividade e segurança necessários na indústria farmacêutica moderna, onde de maneira geral não acontece nas indústrias fitoterápicas (SOUZA, 2003).

Desse modo, mesmo com o progresso dos laboratórios farmacêuticos, há uma preferência por parte da população em diversos lugares do mundo pelo uso das plantas medicinais para tratamentos de doenças. Contudo, diferindo do padrão artesanal usados no progresso, grupos farmacêuticos vêm expandindo e desenvolvendo a produção de fármacos fitoterápicos em proporções industriais (TUROLA E NASCIMENTO, 2006).

Há um interesse das indústrias farmacêuticas pelos extratos vegetais secos, já que as formas farmacêuticas sólidas apontam precisão na dosagem, facilidade de manuseio, transporte e armazenagem, além de beneficiar a manutenção da estabilidade química, microbiológica e farmacológica (ROCHA et al., 2010).

2.3 Processos de extração e secagem

Desde os anos 1980, o progresso de técnicas de isolamento de substâncias ativas, de procedência natural, favoreceu a celeridade no reconhecimento de substâncias de difícil identificação como os extratos vegetais, fazendo ressurgir o interesse pela pesquisa dessas substâncias como referências para o desenvolvimento de novos fármacos (TUROLA E NASCIMENTO, 2006).

Para que seja possível a retirada dos princípios ativos das drogas dos vegetais, os mesmos precisam passar por um processo de extração, os chamados extratos vegetais, que são preparações líquidas ou em pó obtidas por diversas metodologias, como, por exemplo, digestão, maceração, percolação, turbolização, que são fundamentadas na concentração e na intervenção do calor até atingir a concentração ou consistência requerida (MARQUES, 2005; BRASIL, 2012). Segundo Marques (2005), essas manipulações farmacêuticas possuem o intuito de concentrar as substâncias e reduzir as posologias, aumentar o prazo de validade e conservação de algumas drogas ou voltadas à separação dos ativos efetivamente envolvidos nos efeitos terapêuticos, retirando-se ou minimizando-se a presença de compostos indesejáveis.

Conforme Pachu (2007), a extração é um método adequado para remover substâncias de organismos ou de matrizes onde são geradas. O princípio da extração baseia-se em que uma substância é solúvel em algum grau num solvente, podendo ser

extraída em algum momento em que esteja em contato com o solvente. A seleção do solvente é seguramente um dos pontos que deve ser levado em consideração, esse agente extrator é comumente um líquido orgânico volátil, que pode ser retirado por evaporação após finalizar a extração pretendida.

Os extratos vegetais podem ser de natureza líquida ou seca (pó). De acordo com Marques (2005), o extrato líquido é o resultado da mistura da parte do vegetal com os solventes pelos métodos já descritos acima. Enquanto que, o extrato seco trata-se do extrato líquido filtrado e evaporado para eliminação do solvente, isto é, os princípios ativos retirados da planta e deixados na forma de pó, juntamente com quantidades variáveis de excipientes como amido, carboximetilcelulose e outros.

Os extratos secos são fontes de interesse da indústria farmacêutica, por possuírem precisão de dosagem e facilidade de manuseio, deslocamento e conservação, além dessas formas farmacêuticas secas possuírem melhor estabilidade química, física e microbiológica (PACHÚ, 2007), que para Souza (2003) essas características descritas são tidas como vantagens do extrato em forma de pó em relação à forma líquida convencional.

Salienta-se, que é indispensável que todas as necessidades das etapas do processo na preparação de um extrato seco sejam atendidas, no entanto, para que esse insumo de origem vegetal seja padronizado, comercializado e transformado em fitoterápico, são necessárias algumas exigências, como o estudo da estabilidade do material (LOPES et al., 2020).

O método escolhido para o processo de extração, assim como o solvente usado pode influenciar de modo direto no rendimento dos extratos, assim como interferir no conteúdo final da extração. A parte do material vegetal usado, método de extração, tempo e temperatura são alguns fatores que podem influenciar no conteúdo final do produto, dessa maneira ainda é um grande desafio para os pesquisadores descobrir métodos extrativos eficientes que possam ser utilizados a partir das fontes naturais (OLIVEIRA et al., 2016).

O equipamento mais empregado em proporção laboratorial para concentração de extratos é o evaporador rotativo à vácuo, uma das precauções é a capacidade desse equipamento e a vazão da bomba de vácuo, esses parâmetros têm implicação direta no período estimado para as etapas de evaporação do extrato. Do mesmo modo, a velocidade de rotação do balão do evaporador rotativo e a temperatura do banho-maria, necessitam de controle, impedindo o lançamento ou contaminação de material do equipamento pelo aumento exagerado de temperatura (LOPES et al., 2020).

Outro aspecto importante a ser considerado na preparação dos extratos vegetais é o processo de secagem, sendo uma temática que atualmente vêm sendo estudada e avaliada (VASCONCELOS 2005; SOUZA et al 2015). A relevância do processo de secagem está relacionada às implicações nas possíveis modificações nas propriedades físicas e químicas do produto, influenciando o processo de transferência de calor e massa, por essa razão é necessário entender seus efeitos e manejo (MARTINS et al., 2014).

O progresso de métodos de processamento e preservação de produtos naturais a exemplo da liofilização ou desidratação por meio de secagem a vácuo, favorecem a qualidade por um tempo maior. A eficiência terapêutica das plantas medicinais não é motivada apenas por um composto ou uma simples classe de compostos, por isso a análise química deve ser ampla a vários grupos de constituintes, de modo a conseguir uma descrição química mais completa possível (PACHÚ, 2007).

O processo de secagem a vácuo proporciona a evaporação da água em baixas temperaturas com o aumento da taxa de secagem e conseguinte diminuição do tempo de secagem, é uma opção de secagem com ar aquecido, com baixa concentração de oxigênio, reduzindo processos degradativos (ROCHA, 2018).

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. J. B; FREIRE, A. L. O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroantus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária científica no semiárido**. v.13, n.3, p. 195-202. 2017.
- ARAÚJO, E. L; ALENCAR, J. R. B; ROLIM NETO, P. J. Lapachol: segurança e eficácia na terapêutica. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 12, p. 57-59, 2002.
- BRASIL, ministério da saúde. Secretaria de Atenção à saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas Integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na atenção básica**. Brasília: Ministério da Saúde, 156 p. 2012.
- COELHO, J. M. **Avaliação toxicogenética, bioquímica e da reparação tecidual em modelo experimental submetido a tratamentos com extratos de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex Dc) Mattos (ipê-roxo) e de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão)**. 2015. 73 f., il. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo grande, 2015.
- CUNHA, A. O; LEONALDO, A. A; BRUNO, R. L. A; SILVA, J. A. L; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa*. **Revista Árvore**. v. 29, n.4, p.507-516, 2005.
- CUNHA FILHO, M. S. S; GONÇALVES, C. A. T; SOARES, P. R. S; SÁ-BARRETO. L. C. L; PACHECO, R. M; LANDIN, M.. Validação da metodologia analítica e desenvolvimento do teste de dissolução para o antineoplásico beta-lapachona. **Latin american journal of pharmacy**. n.28 (6), pag. 805-11, 2009.
- CRUZ, C. A. F; PAIVA, H. N; GOMES, K. C. O; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por base no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê roxo. **Scientia Forestalis**. n.66, p.100-107, 2004.
- FENALTI, J. M; BACCEGA, B; SANTOS, T.M; SANTOS, P. C; SCAINI, C. J; Diversidade das plantas brasileiras com potencial anti-helmíntico. **Revista de Ciências da Saúde**. p. 39-48. 2016.
- FERREIRA, V. F; PINTO, A. C. A fitoterapia no mundo atual. **Química nova**. vol.33, n.9, p. 1829. 2010.
- GADELHA, C. S; PINTO JÚNIOR, V. M; BEZERRA, K. K. S; PEREIRA, B. B.M; MARACAJÁ, P. B. Estudo bibliográfico sobre o uso de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. vol.8, n.5, p. 208-212, 2013.
- GARIGLIO, M. A. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Serviço Florestal Brasileiro**. 368 p. 2010.

HIGA, R. A. Estudo da ação neoplásica do ipê roxo na carcinogênese induzida pelo azoximetano em camundongos. Dissertação. 2007.

LOPES, D.C.D.X.P.; PEREIRA, C.S.; CASTILHO, C.V.V.; PIETROLUONGO, M.; MATOS, A.P.S.; GUIMARÃES, T.F.; VIÇOSA, A.L. Parâmetros críticos para o desenvolvimento de extratos secos vegetais padronizados obtidos por spray-drying: da pesquisa a realidade da produção. **INFARMA: Ciências farmacêuticas**, v.32, p.391-403, 2020.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol1., 5 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. – Santa Maria: Ed. UFMS, 200 p. 1997.

MARINHO, M. G.V; ANDRADE, L. H. C. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de caatinga no município de São José de Espinharas, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu. v.13, n.2, p.170-182, 2011.

MARQUES, L. C; Preparação de extratos vegetais. **Journal brasileiro de fitomedicina**. v.3. n.2. p.74-76. 2005

MARTINS, J. J. A; MARQUES, J. I; SANTOS, D. C; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Bioscience journal**. v.30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.

OLIVEIRA, V. B; ZUCHETTO, M; OLIVEIRA, C. F; PAULA, C. S; DUARTE, A. F. S; MIGUEL, M. D; Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante, doseamento totais e no perfil por clae-dad de *Dicksonia sellowiana* (presl.0 Hook dicksoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 18, n. 1, p. 230-239, 46 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303467346>. Acesso em: 29 mar. 2021.

PACHECO, C. S. G. R; SILVA, A. M. Arborização Urbana em Petrolina (PE): melhoria paisagística e de qualidade ambiental com plantas nativas da caatinga. **Nature and Conservation**. v.12, n.2, p. 77-87, 2019.

PACHU, C. O. Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos seco e líquido. Dissertação. 2007.

ROCHA, A. P. T; VASCONCELOS, R. F; ARAÚJO, G. T; SILVA, O. S; ALSINA, O. L. S. Avaliação do recobrimento de grânulos de quebra-pedra (*Phyllanthusniruri L.*) em leite de jorro – cinética de liberação de flavonoides. **Revista Brasileira Farmacologia**. v.91, n.3, p.103-10, 2010.

ROCHA, H. A; **Secagem a vácuo de cafés descascados: cinética de secagem e efeitos fisiológicos**. Dissertação. 62 p. Universidade Federal de Lavras. 2018.

SAUERESSIG, D. Plantas do Brasil: Árvores Nativas. vol1.,432 p.: il. ed. **Plantas do Brasil**. 2014.

SILVA, A. M. P; PAIVA, S. R; FIGUEIREDO, M. R; KAPLAN, M. A. C. Atividade Biológica de Naftoquinonas de espécies de Bignoniaceae. **Revista Fitos.** v.7, n.4, 2012

SILVA, T. C; RAMOS, M. A; SCHWARZ, M. L; ALVAREZ, I. A; KILL, L. H. P; ALBUQUERQUE, U. P; Local representations of change and conservation of the riparian forests along the São Francisco River (Northeast Brazil). **Forest Policy and Economics.** 2014.

SOUZA, C. R. F; **Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia forficata* Link pelos processos spray-dryer e leite de jorro.** Dissertação de mestrado. Ribeirão Preto, 2003. 180p.

SOUZA, C. R. F; FERNANDES, L. P; BOTT, R. F; OLIVEIRA, W. P. Influência do processo de secagem e condição de armazenamento de extratos secos de *Bauhinia forficata* e *Passiflora alata* sobre seu perfil de dissolução. **Revista brasileira de plantas medicinais.** Campinas – SP. v.17. n.1. p.67-75. 2015.

SOUZA, J. A. **Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*) em *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*.** 2017. 39 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SOUZA, J. M. A; SAMPAIO, P. T. B; DEGTEREV, I. A; SANTOS, A. L; SANTOS, V. S. Longitudinal distribution of lapachol in the stalk of ipê species (*Handroanthus* spp.). **European journal of wood and wood products.** p.609-611, 2020.

TUROLLA, M. S. R; NASCIMENTO, E. S. Informações toxicológicas de alguns fitoterápicos utilizados no Brasil. **Revista brasileira de ciências farmacêuticas.** v.42, n.2, 2006.

VASCONCELOS, E. A. F; MEDEIROS, M. G. F; RAFFIN, F. N; MOURA, T. F. A. A; Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil®200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia.** p. 243-249. 2005.

CAPÍTULO I

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - IPÊ ROXO

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EXTRATIVO DA CASCA DO CAULE DE
Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC) Mattos - **IPÊ ROXO.**

RESUMO

Essa espécie possui grande potencial de utilização, a casca do caule é bastante utilizada para fins medicinais sendo empregada para tratamento de diversas doenças pelas comunidades tradicionais da Caatinga. O presente estudo teve como finalidade otimizar os processos de extração e secagem para obtenção de extratos da casca do caule *in natura* de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo), Para o processo de extração e secagem foram analisados a influência da concentração do solvente (40 e 80%), tempo de extração (30 e 90 min) e temperatura de extração (60 e 80°C) e temperatura de secagem (60 e 70°C) em evaporador rotativo, sobre o rendimento das taxas de recuperação, evaporação e perdas, mediante delineamento experimental na forma fatorial 2^3 , totalmente ao acaso, totalizando 16 tratamentos. Na otimização do processo foram realizados ensaios de extração e secagem que através dos resultados do teste de média de Scott-Knott e da obtenção de superfícies de respostas de taxa de recuperação, taxa de evaporação e perdas, foi encontrada de forma quantitativa a melhor condição para a otimização do processo. No entanto, mostrou-se necessária a avaliação de forma qualitativa onde os resultados demonstraram que o processamento de cascas do caule de *H. impetiginosus* visando a extração e secagem de extrativos pode ser otimizado quando se utiliza elevadas temperaturas (80 °C), menor tempo (30 min) e menor concentração de solvente (40% v/v) no momento da extração e temperatura de secagem do evaporador rotativo de 70 °C.

Palavras-chave: Evaporador rotativo, extrato da casca do ipê, secagem de extrato

OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF THE STEM BARK
Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC) Mattos – **PURPLE IPE.**

ABSTRACT

This species has great potential for use, the bark of the stem is widely used for medicinal purposes and is used to treat various diseases by traditional communities in the Caatinga. The present study aimed to optimize the extraction and drying processes to obtain extracts of the stem bark in natura of *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo), this species has great potential for use, the stem bark is widely used for medicinal purposes being used for the treatment of several diseases by the traditional communities of the Caatinga. For the extraction and drying process, the influence of solvent concentration (40 and 80%), extraction time (30 and 90 min) and extraction temperature (60 and 80°C) and drying temperature (60 and 70°C) in a rotary evaporator, on the yield of recovery, evaporation and losses, through an experimental design in a 2³ factorial form, completely randomized, totaling 16 treatments. In the optimization of the process, extraction and drying tests were carried out, which through the results of the Scott-Knott average test and the obtaining of response surfaces of recovery rate, evaporation rate and losses, the best condition for process optimization. However, it was necessary to evaluate qualitatively where the results showed that the processing of stem bark of *H. impetiginosus* aiming at the extraction and drying of extractives can be optimized when using high temperatures (80°C), lower time (30 min) and lower solvent concentration (40% v/v) at the time of extraction and drying temperature of the rotary evaporator of 70°C.

Keywords: Rotary evaporator, ipê bark extract, extract drying

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos provectos, os produtos naturais são empregados no tratamento de recuperação de doenças do corpo humano. Diversas culturas utilizavam dessa fonte natural por ser o único elemento disponível para a produção de medicamentos. Nos tempos atuais, o progresso na exploração de agentes terapêuticos no combate a doenças infecciosas, como o câncer, a partir de produtos naturais, têm se tornado fonte para a evolução de novas drogas. Sendo assim, a grandeza dos produtos naturais está notadamente ligada ao reconhecimento e identificação de novos compostos e sua utilização (SAVI, 2015).

Mesmo diante da diversidade botânica existente no Brasil, existe uma lacuna devido a carência de pesquisas relativas as características físico-químicas, microbiológicas, nutricionais e terapêuticas de muitas espécies. O uso de produtos naturais tem efeitos positivos para a sociedade, propiciando o incentivo a aplicação de recursos naturais (JESUS et al., 2021).

Dentre a flora brasileira, as espécies do gênero *Handroanthus* spp. têm se destacado por desempenharem um papel importante na cadeia de produção das florestas nativas (SOUZA et al., 2020). Especificamente, sobre a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.), também conhecida popularmente como ipê-roxo, pertence à família botânica Bignoneaceae, nativa e com ampla distribuição geográfica, correndo sob os domínios fitogeográficos dos Biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (LOHMANN, 2020). Na Caatinga, o *H. impetiginosus* possui sua utilização consolidada pelas comunidades, como, por exemplo, para o uso madeireiro (FONSECA FILHO et al., 2017; SOUZA et al., 2018), arborização urbana (MOURA et al., 2020), além do mais, para fins medicinais, pesquisas têm demonstrado as potencialidades quanto ao uso fitoterápico e a presença de compostos químicos presentes na espécie que são associados às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antibacterianas e antifúngicas (MORAIS et al., 2020; SOUZA et al., 2020; RYAN et al., 2021).

Até que a sociedade possa usufruir das propriedades farmacológicas e fitoterápicas do *H. impetiginosus* e de outras espécies através da obtenção do produto final, que são princípios ativos, a indústria busca alternativas tecnológicas para obtenção dos extratos, sendo estes a base da matéria prima vegetal para as futuras drogas. E, estas

tecnologias devem considerar alguns fatores como a padronização das operações, estabilidade dos compostos, menor custo financeiro, qualidade, facilidade no armazenamento e transporte. Nesta vertente, Ferreira e Pinto (2010) ressaltam que é um desafio padronizar os extratos e expressar ao usuário quais os princípios ativos e as suas concentrações, processo que é indispensável para a formação das finalidades farmacológicas pretendidas.

Segundo Marques (2005), os extratos vegetais são preparações líquidas ou em pó (seco), dos quais, são obtidos os princípios ativos das drogas vegetais através de diferentes técnicas. Estas metodologias que manipulam os extratos objetivam concentrar as substâncias, reduzir as posologias, melhorar as condições de conservação e separação dos ativos. Os extratos líquidos e secos apresentam vantagens e desvantagem, a opção por qual utilizar depende das condições laboratoriais disponíveis, concentração do ativo metabólito, rendimento, composição química, entre outras variáveis.

Como já existem diferentes métodos de extração e secagem, as variáveis utilizadas nesses processos tais como tempo, temperatura e concentrações hidroalcoólicas, necessitam serem otimizadas considerando as diferentes espécies, e mesmo dentro de cada espécie, as partes do vegetal a ser utilizada, visto que, influenciam diretamente no rendimento e composição final do produto.

Dentre os processos de secagem, o evaporador rotativo a vácuo é um método que permite obter maiores taxas de evaporação da umidade aplicando temperaturas moderadas, como foi utilizada no presente trabalho, evitando a degradação de componentes presentes na amostra, se comparado a outros métodos de secagem que necessitam de altas temperaturas.

Embora muitas pesquisas tenham demonstrado as potencialidades quanto ao uso fitoterápico e a presença de compostos químicos importantes presentes na espécie em estudo (*H. impetiginosus*), assim como já citadas acima, não se encontra na literatura o processo de extração e secagem da casca *in natura* da referida espécie, portanto, esse trabalho tem a finalidade de contribuir com a ciência ao trazer novas informações quanto ao processo para a obtenção e secagem de extratos concentrados de *H. impetiginosus*, obtidos em um processo com operações unitárias de extração e evaporação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Otimizar os processos de extração e secagem para obtenção de extratos da casca do caule *in natura* de *H. impetiginosus* (ipê-roxo).

2.2 Objetivos específicos

- Caracterização da casca do caule em pó do *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos;
- Obter extrato líquido hidroalcolólico por diferentes níveis de concentrações;
- Secar o extrato hidroalcolólico em evaporador rotativo em diferentes níveis de temperatura;
- Avaliar o efeito das condições de processo sobre as perdas, taxa de recuperação, taxa de evaporação;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório Multiusuário de Pesquisas Ambientais – LAMPA - Setor de Farmacologia em colaboração com o Laboratório de Nutrição Animal – LANA - do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande – CSTR/UFCG, *Campus Patos-PB*.

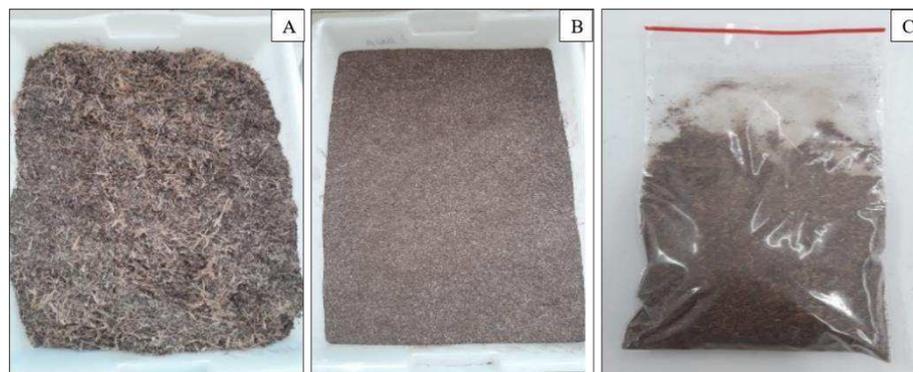
3.2 Matéria prima

A matéria-prima utilizada no estudo foi a casca do caule de indivíduos adultos de *H. impetiginosus*, coletadas em fragmento de vegetação nativa de caatinga, localizado no imóvel rural Sítio Serrota, com aproximadamente 43ha, pertencente ao Município de Patos, Estado da Paraíba, Brasil (07°04'32,15" S; 37°18'51,16" O).

3.3 Secagem e trituração da Casca

As cascas do caule das plantas foram processadas em triturador forrageiro (mod. TRF 80M, marca trapp), seguiram pelo processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar (modelo TE-394/1 marca Tecnal) na temperatura de 55 °C por um período de 24 h, trituradas em moinho de facas (modelo MA340 N° série 07004231 da marca Marconi® Equipamentos para Laboratório) e tamisado em peneiras de 2 e 1mm, e por fim acondicionadas em embalagens de polipropileno, para posterior obtenção do extrato líquido (Figura 1A-C), de acordo com Soares (2021), com modificações.

Figura 1. Produto seco em pó obtido das etapas de trituração, secagem e tamisação da casca de *Handroanthus impetiginosus*.



3.3.1

Caracterização da casca do caule em pó de *Handroanthus impetiginosus*

O produto seco em pó obtido foi analisado em relação aos seguintes parâmetros:

Teor de água – Segundo metodologia descrita por AOAC (2010), em estufa a 105 °C.

Atividade de água – Medida em medidor de atividade de água AQUALAB da Decagon Devices. As medidas foram feitas em condições normais de temperatura (25 °C).

Molhabilidade – Esse parâmetro foi realizado segundo a metodologia de Freudig et al. (1999), utilizando a equação 1.

$$M = N/t \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

M – molhabilidade

N - massa da amostra (mg)

t – tempo (s)

Solubilidade - Estipulou-se a porcentagem do material solúvel, 1g submetido a 1 min de agitação em 100 ml de água destilada, em temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) e submetido a filtração em papel filtro. O material agregado ao filtro foi submetido a estufa a 60 °C por 24 h. Determinou-se a solubilidade da casca seca em pó através da equação 2.

$$\text{Sol} = (m1 - m2)/100 \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

Sol - solubilidade (%)

m1 - massa inicial da amostra (g)

m2 - massa insolúvel

Densidade aparente e de compactação – A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada com auxílio de uma proveta de 10 ml previamente pesada e posteriormente preenchida com o material seco, e determinada através da relação massa/volume. A densidade compactada (ρ_c) foi determinada a partir da montagem usada na densidade aparente, submetendo ao batimento da proveta preenchida com a amostra por 50 vezes sobre a bancada, a partir de uma altura pré-estabelecida de 2,5 cm, calculando-se a relação massa/volume compactado, segundo Tonon et al. (2009).

Índice de Carr (fluidez) e Fator de Hausner (coesividade) – A fluidez e compactabilidade/coesividade foram expressas em termos de índice de CARR (IC) (Carr, 1965) e fator de Hausner (FH), (HAUSNER, 1967), respectivamente. Foram calculados a partir dos dados da densidade aparente e densidade compactada conforme as equações 3 e 4, respectivamente.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_{ap}} \times 100 \quad \text{Eq. 3}$$

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que:

IC - índice de Carr (%)

ρ_c - densidade compactada

ρ_{ap} - densidade aparente

FH - fator de Hausner (%)

3.4 Planejamento experimental para otimização do processo

Para o planejamento experimental foi necessário a realização de ensaios preliminares para definir as condições estudadas no processo, como tempo e temperatura de extração, temperatura de evaporação e concentração de solvente sobre o rendimento e a secagem dos extratos em evaporador rotativo à vácuo. Cujas essas condições do processo foram realizadas conforme metodologia proposta por Soares (2021).

Com os resultados obtidos nos ensaios preliminares foi definido o planejamento experimental, onde o extrato seco foi obtido através de duas operações unitárias: extração e evaporação, conforme detalhamento das variáveis independentes na tabela 1.

Tabela 1. Planejamento das variáveis independentes utilizadas para obtenção de extratos da casca do caule de *H. impetiginosus*.

VARIÁVEIS	-1	+1
Temperatura Extração (°C)	30	80
Tempo de Extração (min)	30	90
Concentração de Etanol (v/v)	40	80
Temperatura Evaporação(°C)	60	70

Com base nos ensaios preliminares, foi definido um delineamento experimental na forma fatorial 2^3 , totalmente ao acaso, totalizando 16 tratamentos. Sendo a influência desses parâmetros (variáveis independentes), avaliadas sobre as variáveis resposta de taxa de recuperação (tr), taxa de evaporação (te) e perdas (p), de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Matriz de planejamento das variáveis independentes 2^3 para otimização de obtenção de extratos da casca do caule de *H. impetiginosus*.

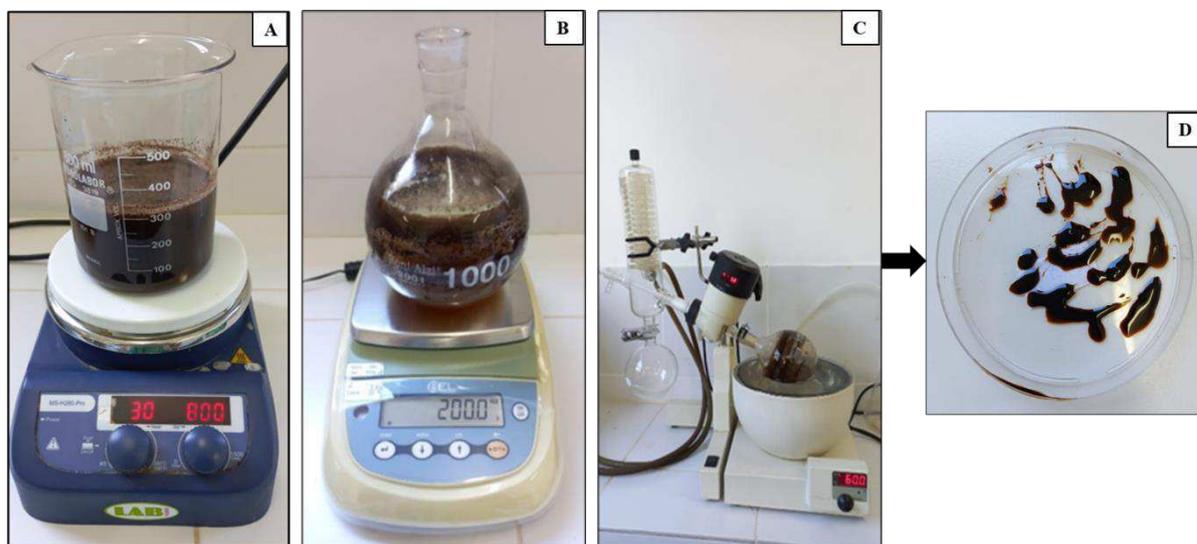
Tratamento	Temperatura Extração (°C)	Tempo Extração (min)	Concentração Etanol (v/v)	Temperatura Evaporação (°C)
1	30 (-1)	30 (-1)	40 (-1)	60 (-1)
2	80 (+1)	30 (-1)	40 (-1)	60 (-1)
3	30 (-1)	90 (+1)	40 (-1)	60 (-1)
4	80 (+1)	90 (+1)	40 (-1)	60 (-1)
5	30 (-1)	30 (-1)	80 (+1)	60 (-1)
6	80 (+1)	30 (-1)	80 (+1)	60 (-1)
7	30 (-1)	90 (+1)	80 (+1)	60 (-1)
8	80 (+1)	90 (+1)	80 (+1)	60 (-1)
9	30 (-1)	30 (-1)	40 (-1)	70 (+1)
10	80 (+1)	30 (-1)	40 (-1)	70 (+1)

11	30 (-1)	90 (+1)	40 (-1)	70 (+1)
12	80 (+1)	90 (+1)	40 (-1)	70 (+1)
13	30 (-1)	30 (-1)	80 (+1)	70 (+1)
14	80 (+1)	30 (-1)	80 (+1)	70 (+1)
15	30 (-1)	90 (+1)	80 (+1)	70 (+1)
16	80 (+1)	90 (+1)	80 (+1)	70 (+1)

3.5 Processo de extração e evaporação

Os extratos foram preparados a partir de 15 g do produto proveniente da casca previamente triturada, seca e tamisada, conforme item 3.3. Na sequência, esse produto foi submetido ao processo de maceração dinâmica, sendo adicionados 300 ml da mistura etanol:água (v/v) nas diferentes concentrações de etanol de 40 e 80%. As soluções extrativas ficaram em aquecimento em agitador magnético (Figura 2A) em velocidade constante de 800 rpm, considerando às temperaturas de extração de 30 e 80 °C e os tempos de extração de 30 e 90 min. Em seguida os extratos foram filtrados em filtro de tecido de algodão.

Figura 2. Processo de extração e evaporação da casca de *H. impetinosus* com aquecimento em agitador magnético (A), pesagem (B), secagem em evaporador rotativo (C) e produto final (D).



Cada amostra de extrato bruto teve uma alíquota de 200 g transferida para um balão volumétrico de 1000 ml previamente pesado (Figura 2B). Os extratos preparados de acordo com a matriz de planejamento (Tabela 2) foram concentrados mediante evaporação do solvente em evaporador rotativo (Modelo 558 da Marca Fisatom, equipado com bomba de Vácuo Modelo TE-0581, e banho ultratermostatizado modelo SL-152/10) (Figura 2C), sendo estudadas as temperaturas de 60 e 70°C em contato com um banho maria em temperatura previamente programada a fim de evitar a degradação dos compostos. A pressão do sistema se manteve constante num valor de 600 mmHg em todos os ensaios de secagem. O balão foi pesado com a amostra seca ou concentrada e calculou-se a diferença dessa massa com a massa do balão vazio para obter a massa da amostra e, então, realização dos cálculos. Raspou-se o material do balão com espátula de metal o qual foi colocado em placas devidamente vedadas (Figura 2D). Pesou-se também o balão com o solvente eliminado, o qual também foi previamente pesado.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Taxa de recuperação no produto

A taxa de recuperação do produto ou o rendimento do processo foi calculada através do percentual entre a massa de pó total coletada e a massa de sólidos alimentada no equipamento, conforme equação 5.

$$R = M_{fc} / M_s \times 100 \quad \text{Eq. 5}$$

Em que:

R = recuperação do produto (%)

M_{fc} = massa final coletada (g)

M_s = massa de sólidos alimentada (g)

3.6.2 Taxa de perdas no processo

A taxa de perdas no processo foi calculada através do percentual entre a perda total do processo e a massa inicial alimentada no equipamento, por meio da equação 6.

$$P = \frac{M_i - (M_{fc} + S)}{M_i} \times 100 \quad \text{Eq. 6}$$

Em que:

P = perdas (g)

M_i = massa inicial alimentada (g)

M_{fc} = massa final coletada (g)

S = solvente recuperado (g)

3.6.3 Taxa de evaporação no processo

Para o cálculo da taxa de evaporação foi utilizada a massa inicial do solvente e o tempo gasto no processo, calculada por meio da equação 7.

$$TE = \frac{M_i - M_s}{t} \quad \text{Eq. 7}$$

Em que:

TE = taxa de evaporação (g/min)

M_i = massa inicial alimentada (g)

M_s = massa de sólidos alimentada (g/l)

t = tempo (min)

3.7 Análise dos dados

Para análise dos dados foi delineado um experimento na forma de um Fatorial 2³, onde avaliou-se duas temperaturas de evaporação no evaporador rotativo (60 e 70 °C) e três variáveis independentes, que foram: concentração de solvente (40 e 80 v/v), tempo de extração (30 e 90 min) e temperatura de extração (30 e 80°C), totalizando 16 tratamentos, em função das variáveis descritas no tópico 3.6.

Para análise estatística dos dados gerados a partir das combinações do fatorial 2³, bem como, o teste de média de Scott-Knott a 5% de probabilidade, foi utilizado como auxílio o Software AgroEstat versão online.

Foram determinadas as condições experimentais otimizadas para as variáveis utilizando o método das superfícies de resposta, considerando os 16 tratamentos já citados mais três pontos centrais (Tabela 3), conforme anexo.

Tabela 3. Planejamento das variáveis independentes com os três pontos centrais

VARIÁVEIS	-1	0	+1
Temperatura de Extração	30	55	80
Tempo de Extração	30	60	90
Concentração de Etanol	40	60	80
Temperatura Evaporação	60	65	70

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física da casca do caule de *H. impetiginosus*

Quanto à caracterização da casca do caule em pó de *H. impetiginosus*, observa-se (Tabela 3), que o teor de água encontrado para as condições analisadas foi baixo, representado apenas 9,3%. Já relacionado aos valores obtidos quanto às densidades aparentes, compactada e real foram de 0,38, 0,44 e 1,11g/mL, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização físico química da casca do caule de *Handroanthus impetiginosus*.

Parâmetros	Médias
Teor de água (%)	9,3
Densidade aparente (g/ml)	0,376
Densidade compactada (g/ml)	0,442
Solubilidade (%)	30,2
Insolubilidade (%)	68,8
Índice de Carr - IC (%)	17,55
Fator de Hausner (FH)	1,17
Densidade real	1,11
Porosidade	0,661

Baixo teor de água, pode estar atribuído à época de coletas das cascas em campo, visto que, foram realizadas no período de estiagem da região semiárida do nordeste do Brasil (setembro/outubro de 2020), como também, ao eficiente tratamento de secagem das mesmas. Esta variável é um parâmetro importante, pois concede informações sobre

condições de coleta e armazenamento do vegetal, e efeitos significativos para garantia da estabilidade dos elementos presentes na matéria prima, onde teores excedentes de água na matéria prima oportuniza a proliferação microbiana (SOUZA, 2003). Corroborando com este resultado, também com a casca do *H. impetiginosus*, Felipe (2019) encontrou resultado semelhante de apenas 9,61% de teor de água. Este autor afirma que a quantificação variável é relevante, sendo possível extrair uma maior quantidade de componentes potencialmente ativos, sendo uma matéria prima apropriada para a produção de extratos terapêuticos e fitoterápicos.

A densidade expressa a relação entre a massa e o volume, com isso, a baixa densidade aparente (0,376 g/ml) detectada neste trabalho indica que os resíduos não se compactam completamente, constituindo entre as partículas, espaços vazios, sendo este valor confirmado pela densidade compactada (0,442 g/ml). Outro dado que reafirma estes resultados, é a densidade real, que como esperado foi maior que a densidade aparente, indicando a existência de espaços vazios entre as partículas, considerando que este valor expressa a relação entre a massa da casca em pó e o volume ocupado por suas partículas, sem considerar o espaço vazio entre as partículas. Já o valor de porosidade é inversamente proporcional ao de densidade, pois corresponde a fração do volume com pó da casca que não é ocupado por partículas, e para esse estudo com cascas do caule de *H. impetiginosus*, pode ser considerada alta com cerca de 0,66% (Tabela 3).

Os valores de densidade compactada e real são semelhantes para casca de *Libidibia ferrea*, onde para a casca do caule foi de $0,76 \pm 0,01$ e $0,77 \pm 0,01$, respectivamente, onde estes valores são influenciados pela especificidade das amostras (GRISI, 2019).

As propriedades dos fluxos dos pós também são parâmetros relevantes a serem analisados, pois revelam a fluidez dos mesmos. Conforme pode ser constatado na Tabela 3, embora o pó da casca do caule do *H. impetiginosus* tenha apresentado apenas 30% de solubilidade, o mesmo demonstrou ser de boa fluidez, com resultados de 1,17 para o Fator de Hausner e 17,55% para Índice de Carr. Estando estes resultados iguais ao trabalho desenvolvido com folhas de mastruz por Soares (2021), com $1,17 \pm 0,04$ para o Fator de Hausner e Índice de Carr de $17,55\% \pm 0,04$, sendo considerados de boa fluidez.

4.2 Ensaios Preliminares

Para a elaboração deste trabalho foi necessário fazer um estudo preliminar com os equipamentos preconizados, onde inicialmente na extração foi adotado a metodologia proposta por (SOARES, 2021), na etapa de extração não houve alteração nas condições de processo, e na evaporação sendo definido um tempo mínimo de 30 min e máximo 90 min de secagem no evaporador rotativo, já que verificou-se que um tempo inferior a esse não havia secagem do produto, a amostra permanecia líquida e após esse período a condensação e a evaporação eram muito baixas, quase zero.

4.3 Taxa de recuperação

Os resultados obtidos para a taxa de recuperação do produto ou rendimento durante o processo de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus*, foi diretamente influenciada pelas variáveis independentes de concentração de solvente, tempo e temperatura de extração, independente da temperatura do evaporador rotativo, se 60 ou 70°C. Estes resultados foram confirmados através da análise de variância em fatorial, onde as variáveis foram avaliadas de forma isolada e suas interações, e mesmo em todas as possibilidades, o nível de significância foi igual a 1% de probabilidade estatística (Tabela 4).

Tabela 4. Tabela de análise de variância para a variável taxa de recuperação em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 60°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvent	1	2480,1	2480,1	163002 ^{**}
Tempo de extração	1	3279,5	3279,5	215539 ^{**}
Temperatura de extração	1	56118	56118	3688267 ^{**}
Concentração de solvente x Tempo extração	1	88,236	88,236	5799,1 ^{**}
Concentração de solvente x Temperatura de extração	1	8871,3	8871,3	583046 ^{**}
Tempo extração x Temperatura de extração	1	58244	58244	3827933 ^{**}
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	2005,4	2005,4	131801 ^{**}
Resíduo	15	0,2434	0,0162	–
TOTAL	22	131087	–	–

TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 70°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvente	1	636,25	636,25	636,25**
Tempo extração	1	597,19	597,19	597,19**
Temperatura de extração	1	666,76	666,76	666,76**
Concentração de solvente x Tempo extração	1	1285,6	1285,6	1285,6**
Concentração de solvente x Temperatura de extração	1	328,26	328,26	328,26**
Tempo extração x Temperatura de extração	1	47920	47920	47920**
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	55036	55036	55036**
Resíduo	15	—	—	—
TOTAL	22	—	—	—

** = significativo a 1% de probabilidade.

As maiores taxas de recuperação do produto em função da concentração de solvente, tempo e temperatura de extração e temperatura de evaporação do extrato da casca de *H. impetiginosus*, foram de 87,50% (Tratamento 12) quando as amostras foram submetidas às condições de 40% v/v de concentração de solvente, 90 min e 80°C de temperatura de extração e 70°C de temperatura de evaporação, sendo que a segunda maior média obtida para a taxa de recuperação do produto extraído foi de 84,61%, para a mesma concentração de solvente, 30 min de tempo, 30°C de temperatura de extração e 60°C de temperatura de evaporação (Tabela 5), sendo estas médias diferentes estatisticamente ($p < 0,01$).

Tabela 5. Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável taxa de recuperação em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

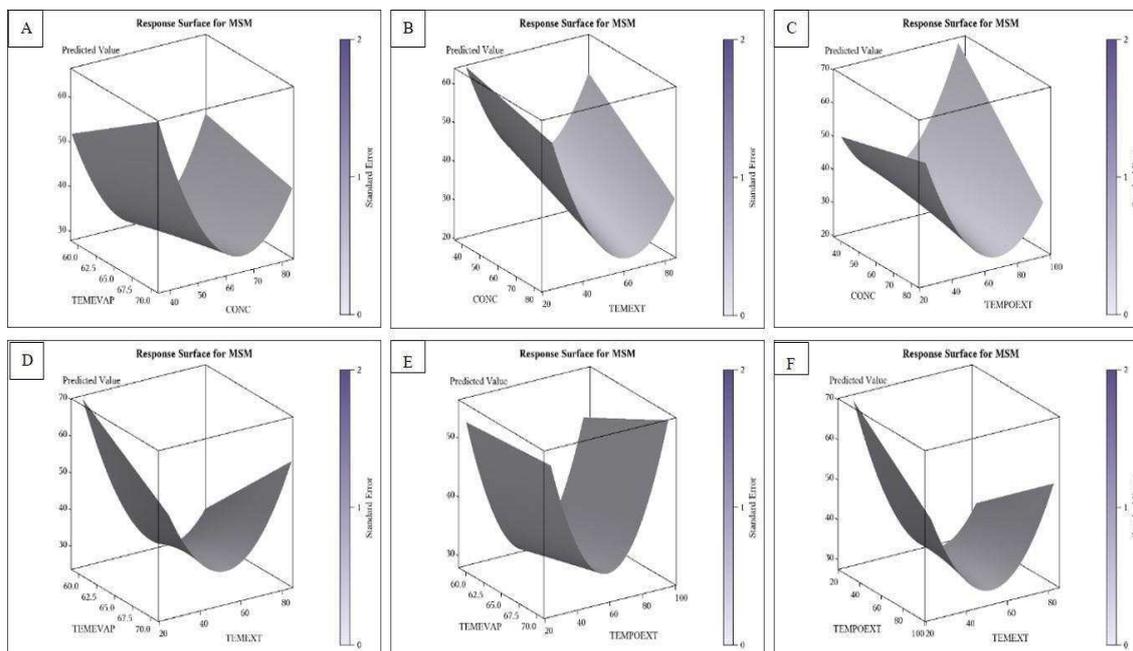
Trat.	Concentração de solvente (v/v)	Tempo de extração (min)	Temperatura de extração (°C)	Temperatura de evaporação (°C)	Taxa de Recuperação (%)
1	40	30	30	60	84,61 b
2	40	30	80	60	9,20 o
3	40	90	30	60	47,61 h
4	40	90	80	60	42,25 k
5	80	30	30	60	64,77 c
6	80	30	80	60	23,47 l
7	80	90	30	60	36,66 j
8	80	90	80	60	43,33 m
9	40	30	30	70	36,36 g
10	40	30	80	70	48,27 d
11	40	90	30	70	54,16 d
12	40	90	80	70	87,50 a

13	80	30	30	70	50,0 f
14	80	30	80	70	53,33 e
15	80	90	30	70	46,67 i
16	80	90	80	70	6,67 p

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

Contudo, mesmo sendo resultados estatisticamente diferentes quanto à variável taxa de recuperação, as médias são próximas, com apenas 3% de diferença, assim esses resultados indicam que nas condições com menor temperatura de extração (30°C) e tempo (30min), obteve-se taxa de recuperação semelhante à quando submetidos a temperatura de extração (80°C) e tempo elevado (90min) (Figura 6A), confirmando que não há necessidade de operar com faixas de temperatura e tempo muito altas para obtenção do maior rendimento, o que implica em um consumo menor de energia, tempo e custo.

Figura 3. Superfícies de respostas para taxa de recuperação durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.



Na Figura 6B, é possível observar para a taxa de recuperação que quando foram correlacionadas a temperatura de extração (TEMEXT) e a concentração de solvente (CONC), mais uma vez temperatura de 30°C mostrou-se eficiente, assim como, a menor concentração de etanol (40% v/v) (Tabela 4), menores concentrações de solventes utilizados no processo, resultam em menores custos financeiros. Com essa mesma

concentração de solvente de 40% v/v, foram também obtidos valores similares de taxa de recuperação para 30 e 90 min de extração, com diferença de cerca de 3,0%, portanto, sendo o tempo de extração de 30 min o mais indicado, pois não se justifica o emprego de metodologias extrativas demoradas (Figura 6C).

Na Figura 6D, E e F, estão expostas as superfícies respostas para a taxa de recuperação em função da temperatura de evaporação (TEMEVAP) para as variáveis temperatura e tempo de extração, constatou-se que as temperaturas de evaporação de 60 e 70°C, praticamente não influenciaram nesta variável, pois para estas duas temperaturas foram averiguadas as menores médias de rendimento (6,67 e 9,20%), e como já discutido acima, as maiores médias se mantiveram próximas, o que indica que o tempo e temperatura de extração sejam os parâmetros mais determinantes para esses resultados.

Silva et al. (2019), em um estudo similar avaliaram a extração de compostos fenólicos da casca do fruto de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), uma espécie que também tem ocorrência no Bioma Caatinga, e concluíram que concentrações medianas de solvente etanoico (60%) e temperaturas abaixo de 70°C são mais indicadas no processo, além de afirmarem que não se justifica o emprego de metodologias extrativas demoradas, de forma a evitar a degradação térmica dos compostos.

A concentração de solvente e temperatura do evaporador rotativo são fatores determinantes no rendimento final dos extratos vegetais, pois determinam a quantidade de água do material e tempo necessário para secagem. Soares (2021), em estudo utilizando a mesma metodologia do presente trabalho, com folhas da planta medicinal *Chenopodium ambrosioides* L. (mastruz), obteve as maiores taxas de recuperação (83,3 e 80,0%) quando utilizou a maior concentração de solvente (80% v/v) e 50 °C de temperatura de evaporação, porém a terceira maior taxa de rendimento foi de 77,08%, quando as condições ofertadas foram de 40% v/v de concentração de solvente e 70 °C de temperatura de evaporação. Mas vale ressaltar, que o tempo de secagem deve ser considerado, onde as duas primeiras maiores médias de taxa de recuperação observadas foram necessários 240 min para secagem e a terceira maior média apenas 70 min, o que significa mais de três vezes a menos do tempo necessário para secagem quando usado maiores concentrações de solvente e menor temperatura de evaporação.

Os resultados acima discutidos, demonstram que as variáveis independentes não devem ser consideradas de forma isolada para determinar a melhor condição em um processo extrativo de vegetais, independente da parte do vegetal, mas devem ser avaliadas de forma conjunta.

4.5 Taxa de evaporação

Na análise em fatorial para a taxa de evaporação, verifica-se que as variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperaturas de extração foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$) para as duas temperaturas de secagem do evaporador rotativo (60 e 70°C), mesmo quando analisadas de maneira individual ou em suas interações (Tabela 6).

Tabela 6. Tabela de análise de variância para a variável taxa de evaporação em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 60°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvent	1	1504,2	1504,2	7979,3**
Tempo extração	1	37,423	37,423	198,51**
Temperatura de extração	1	550,26	550,26	2918,9**
Concentração de solvente x Tempo extração	1	6,3341	6,3341	33,599**
Concentração de solvente x Temperatura de extração	1	439,29	439,29	2330,2**
Tempo extração x Temperatura de extração	1	3,5665	3,5665	18,919**
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	13,708	13,708	72,717
Resíduo	15	3,0163	0,2011	-
TOTAL	22	2557,8	-	-
TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 70°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvent	1	0,2360	0,2360	2757,7**
Tempo extração	1	24,779	24,779	289507**
Temperatura de extração	1	0,3422	0,3422	3997,7**
Concentração de solvente x Tempo extração	1	2,3616	2,3616	27593**
Concentração de solvente x Temperatura de extração	1	8,2514	8,2514	96407**
Tempo extração x Temperatura de extração	1	0,0104	0,0104	121,08**
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	3,4144	3,4144	39892**
Resíduo	15	0,0013	0,0001	-
TOTAL	22	39,396	-	-

** = significativo a 1% de probabilidade.

As diferenças estatísticas também foram avaliadas através do teste de médias de Scott-Knott para todos os tratamentos, no qual, foi possível constatar as que as médias foram muito distintas entre os tratamentos (Tabela 7). Os fatores que mais influenciaram

na taxa de evaporação foram temperatura de evaporação, tempo de extração e concentração de solvente, sendo que a maior taxa de evaporação foi alcançada (7,57g/min) na temperatura mais elevada do evaporador rotativo (70°C), e quando se utilizou um menor tempo de extração (30min), e uma maior concentração de solvente (80% v/v), validando com o que foi observado durante o processo de extração, que quanto maior o tempo de extração, há uma maior volatilização do solvente da amostra, diminuindo significativamente a quantidade de material para o processo de secagem.

Tabela 7. Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável taxa de evaporação em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Trat.	Concentração de solvente (v/v)	Tempo de extração (min)	Temperatura de extração (°C)	Temperatura de evaporação (°C)	Taxa de evaporação (g/min)
1	40	30	30	60	1,1 kl
2	40	30	80	60	1,8 j
3	40	90	30	60	1,3 K
4	40	90	80	60	0,99 l
5	80	30	30	60	2,70 g
6	80	30	80	60	4,12 e
7	80	90	30	60	2,16 h
8	80	90	80	60	3,94 f
9	40	30	30	70	6,59 b
10	40	30	80	70	4,48 d
11	40	90	30	70	4,49 d
12	40	90	80	70	4,11 e
13	80	30	30	70	6,17 c
14	80	30	80	70	7,57 a
15	80	90	30	70	2,19 h
16	80	90	80	70	2,03 i

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

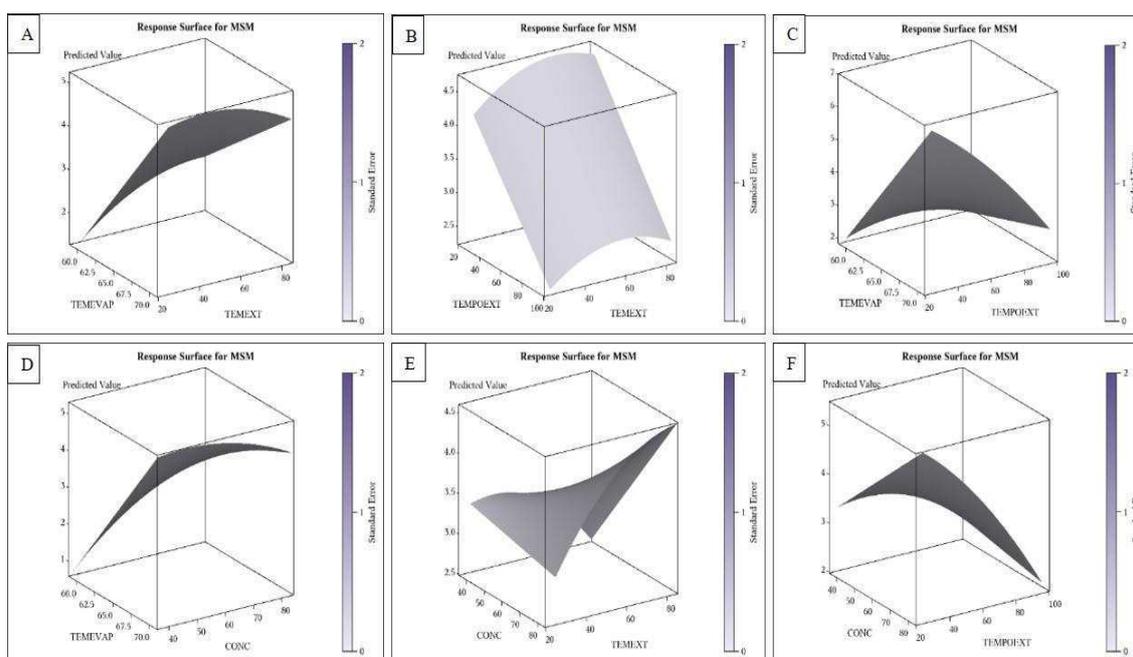
As melhores condições da taxa de evaporação são adotadas de acordo com valores máximos encontrados nas superfícies de respostas, a Figura 7 A-F representam os resultados encontrados para os máximos e mínimos.

Os resultados obtidos através da metodologia de superfície de resposta em relação a taxa de evaporação foram condizentes com o teste de médias de Scott-Knott, onde observa-se na Figura 7A, que quando a temperatura de evaporação (TEMEVAP) e de extração (TEMEXT) foram mais elevadas, por volta de 70 e 80°C, respectivamente, a

taxa de evaporação atingiu o maior valor (7,57g/min), o que resulta em um extrato de melhor qualidade.

Ao avaliar a taxa de evaporação em função do tempo de extração, pode-se afirmar com base nas avaliações estatísticas, que o tempo de extração (TEMPOEXT) de 30min foi o suficiente para alcançar as maiores taxas, o que significa ganhos de tempo e economia de energia durante o processo de secagem (Figura 7 B e C).

Figura 4. Superfícies de respostas para taxa de evaporação durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.



Na Figura 7D-F, verifica-se que a taxa de evaporação em função da concentração de etanol (CONC), foi superior (7,57g/min) quando fornecido uma concentração do solvente maior (80% v/v). No entanto, quando a concentração de solvente foi menor (40% v/v), obteve-se a segunda maior média na taxa de evaporação (6,59g/min), que mesmo sendo estatisticamente diferente da primeira maior média, a diferença é de apenas 1,02g/min, enquanto que a diminuição da concentração de etanol foi de 50%. Diante desses resultados, pode-se sugerir que se utilize a menor concentração de solvente (40% v/v) durante o processo extrativo da casca de *H. impetiginosus*, visto que essa diminuição

na concentração do etanol implica diretamente na economia financeira e no tempo de secagem.

O volume de solvente utilizado durante o processo de extração dos compostos vegetais, além de influenciar os custos e tempo de secagem no evaporador rotativo, também pode ter relação com a quantidade de compostos secundários extraídos, pois Morais (2019) estudando a extração de taninos da casca de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret (jurema preta), concluiu que os menores volumes de solvente, foram responsáveis pelos maiores volumes de taninos condensados e outros compostos polifenólicos.

4.5 Perdas do processo

Assim como para outras variáveis, as perdas durante o processo de secagem do extrato de cascas de *H. impetiginosus*, estatisticamente ($p < 0,01$) não foram influenciadas pela temperatura de evaporação, onde observa-se na tabela 8, que as variáveis independentes avaliadas não diferiram estatisticamente nas temperaturas de evaporação de 60 e 70°C, nem quando avaliadas de forma isolada ou no desdobramento do fatorial.

Tabela 8. Tabela de análise de variância para a variável perdas do processo em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 60°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvente	1	79,240	79,240	866,7**
Tempo extração	1	70,136	70,136	7150,1**
Temperatura de extração	1	11,097	11,097	1129,7**
Concentração de solvente x Tempo extração	1	119,89	119,89	12205**
Concentração de solvente x Temperatura de extração	1	133,41	133,41	13582**
Tempo extração x Temperatura de extração	1	113,56	113,56	11561**
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	17,249	17,249	1756**
Resíduo	15	0,1473	0,0098	-
TOTAL	22	544,83	-	-
TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DE 70°C				
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Concentração de solvente	1	0,4997	0,4997	402,38**
Tempo extração	1	0,4598	0,4598	370,27**
Temperatura de extração	1	0,3024	0,3024	243,53**
Concentração de solvente x Tempo extração	1	9,2169	9,2169	7422,2**
Concentração de solvente x Temperatura de	1	0,0370	0,0370	26,761**

extração

Tempo extração x Temperatura de extração	1	2,0354	2,0354	1639,1**
Concentração de solvente x Tempo extração x Temperatura de extração	1	5,9887	5,9887	4822,6**
Resíduo	15	0,0199	0,0013	-
TOTAL	22	18,560	-	-

** = significativo a 1% de probabilidade.

As melhores condições da taxa de perdas foram adotadas de acordo com os resultados encontrados no teste de média de Scott-Knott (Tabela 9), sendo observado que houve diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos, confirmando a análise em fatorial acima citada que a temperatura de evaporação realmente não foi determinante para as perdas do extrato. Os menores valores de perdas (0,6 e 1,8g) observados no processo de secagem foram obtidos tanto na temperatura de evaporação de 60 e 70°C (Figura 8 A).

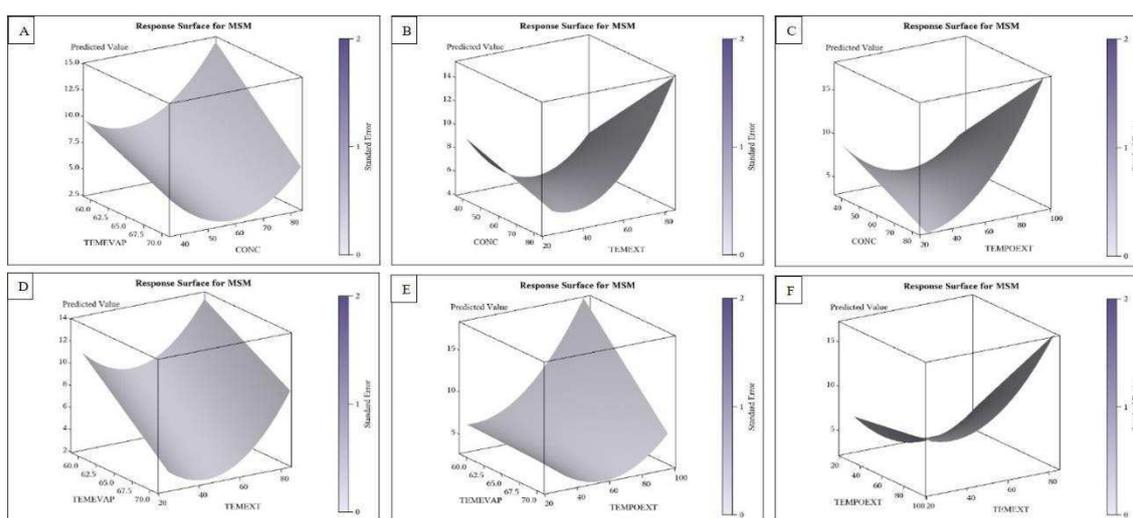
Tabela 9. Resultados do teste de média de Scott-Knott para a variável perda em ensaios de secagem do extrato da casca de *H. impetiginosus* em evaporador rotativo.

Trat.	Concentração de solvente (v/v)	Tempo de extração (min)	Temperatura de extração (°C)	Temperatura de evaporação (°C)	Perdas (g)
1	40	30	30	60	10,9 e
2	40	30	80	60	1,8 m
3	40	90	30	60	9,3 g
4	40	90	80	60	12,6 d
5	80	30	30	60	2,8 k
6	80	30	80	60	7,9 h
7	80	90	30	60	14,5 c
8	80	90	80	60	24,8 a
9	40	30	30	70	5,6 i
10	40	30	80	70	9,9 f
11	40	90	30	70	3,2 j
12	40	90	80	70	2,4 l
13	80	30	30	70	3,0 jk
14	80	30	80	70	0,6 n
15	80	90	30	70	2,7 k
16	80	90	80	70	18,0 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

A concentração do solvente não foi determinante em relação às perdas do extrato ao final do processo de secagem em evaporador rotativo, visto que, as menores perdas (0,6 e 1,8g) ocorreram tanto com a concentração de etanol de 40 ou 80% v/v (Figura 8 B e C). Além disso, deve-se considerar que a maior perda (24,8g), que corresponde a 12,4% do extrato ocorreu quando a concentração de etanol foi elevada (80% v/v).

Figura 5. Superfícies de respostas para perdas durante secagem em evaporador rotativo do extrato da casca de *H. impetiginosus* em função das variáveis independentes de concentração de etanol, tempo e temperatura de extração.



Quando correlacionadas as temperaturas de evaporação com as variáveis temperatura de extração e tempo de extração, verifica-se na Figura 8 D e E, que este fator não teve relevância, contudo quando analisado o teste de média de Scott-Knott (Tabela 9), que os tratamentos com maiores ou menores perdas ocorreram independentes da temperatura de extração. O contrário foi observado para a variável tempo de extração, considerando que os tratamentos com maiores perdas durante o processo de secagem, foram constatadas nos tratamentos que durante o processo de extração foram utilizados o maior tempo (90 min) (Figura 8F).

Os resultados obtidos para perda, também podem ser reafirmados pela recuperação do solvente durante o processo de secagem, pois seguiram a mesma tendência de resultados, onde foi verificado a maior recuperação de solvente (197,9g), quando submetidos às condições de menor tempo de extração (30 min), menor

concentração de solvente (40% v/v), independente das temperaturas de extração e evaporação.

Assim sendo, pode-se considerar que o fator limitante para aumento das perdas no processo de extração e secagem foi o tempo de extração. Reafirmando o que foi observado durante os processos, que as extrações realizadas em um maior tempo, necessariamente houve uma maior exposição do solvente, ocorrendo uma maior volatilização do material. Dessa forma, evidencia-se que não há necessidade de tempo de extrações longos, havendo economia de tempo e energia durante o processo.

Para Silva et al., (2019), os métodos usados para a extração de compostos bioativos, em geral, utiliza-se durante o processo uma série de etapas com variáveis fixas, solventes tóxicos, energia e tempo, fatores que aumentam consideravelmente os riscos ao meio ambiente e custos financeiros, o que pode inviabilizar o uso de determinadas metodologias em pequena ou grande escala, seja pela dificuldade financeira ou pela sustentabilidade ambiental. Com isso, a metodologia de superfície de resposta torna-se importante na tomada de decisão, sendo possível na otimização de processos extrativos, haja vista, é possível avaliar as variáveis de forma conjunta e para um ou vários compostos bioativos ao mesmo tempo.

4.6 Otimização do processo

Neste trabalho foram definidas condições de extrações com agitação e aquecimento distintas, que foram desenvolvidas visando a potencialização simultânea das operações unitárias de extração e evaporação utilizadas nos ensaios de secagem.

Na otimização do processo foram realizados ensaios de extração e secagem que através dos resultados do teste de média de Scott-Knott e da obtenção de superfícies de respostas de taxa de recuperação, taxa de evaporação e perdas, foi elaborada a tabela 10 onde foi encontrada de forma quantitativa a melhor condição para a otimização do processo.

Tabela 10. Resultados da melhor condição de processo de acordo com o teste de média de Scott-Knott e superfícies de respostas para as variáveis recuperação, evaporação e perdas.

VARIÁVEIS	-1			+1		
	Recuper	Evap	Perdas	Recuper	Evap	Perdas
TEMEXT				+	+	+
TEMPOEXT		+	+	+		
CONC	+				+	+
TEMEVAP				+	+	+

De acordo com a tabela 10, o resultado encontrado da condição ótima de processo foi definido de acordo com as variáveis independentes: temperatura de extração (TEMEXT) maior (80 °C), tempo de extração menor (30 min), concentração de solvente maiores (80%) e temperatura de evaporação maiores (70 °C). Tendo como resposta maior recuperação de extrato em menor tempo, com menos perdas de extrato.

O melhor resultado obtido corresponde ao tratamento 14 em que valor prático obtido é de 87,50% para taxa de recuperação, 7,57g/min para taxa de evaporação e 0,6g para a taxa de perdas.

Frente às respostas alcançadas, percebe-se que os resultados da condição ótima de processo foram obtidas com temperaturas de extração mais altas (80° C), tempo de extração menor (30 min), concentração do solvente maior (80%) e temperatura de evaporação maior (70° C), bem como menor tempo final de secagem, sendo necessário apenas 26 min, esses valores condizem com o tratamento 14 da matriz de planejamento.

Apesar dos resultados quantitativos, é importante também considerar uma avaliação do ponto de vista qualitativo, onde a menor concentração de solvente (40% v/v), praticamente não influenciou no resultado final, com isso, sugere-se essa menor concentração, considerando ganhos econômicos com material, mão de obra especializada e tempo, mesmo não havendo neste ensaio este tratamento.

Recomenda-se para obtenção de extratos da casca de *H. impetiginosus*, melhor controle das condições, como, por exemplo, a instalação de equipamentos para recuperação de solvente durante a etapa de extração, e na etapa de secagem em evaporador rotativo a redução da aderência do produto final nas paredes do equipamento utilizado, com o objetivo de reduzir perda do material. Nesse sentido, esse trabalho abre várias perspectivas investigativas para otimização do processo de extração e evaporação, agregando novas tecnologias.

Dessa forma, o processo empregado nesse estudo pode ser aplicado de maneira viável de acordo com os parâmetros definidos. E, que todos os produtos obtidos são

diversificados de acordo com relação massa/solvente, solvente e a operação utilizada no processo.

Compreende-se que com os resultados do presente trabalho se faz necessário um aprofundamento no conhecimento de seus constituintes, para um uso seguro e eficaz do produto final gerado pelo processo de extração e secagem, que poderão ser utilizadas no desenvolvimento de produtos medicinais beneficiando a sociedade e valorizando a biodiversidade da caatinga brasileira.

5. CONCLUSÕES

Os resultados relacionados a caracterização das cascas do caule de *H. impetiginosus*, indicam como sendo uma matéria prima apropriada para a produção de extratos terapêuticos e fitoterápicos.

Quanto à otimização do processo, conclui-se que para o processamento de cascas do caule de *H. impetiginosus* visando a extração e secagem de extrativos, o processo pode ser otimizado quando se utiliza elevadas temperaturas (80 °C), menor tempo (30 min) e menor concentração de solvente (40v/v) no momento da extração e temperatura de secagem do evaporador rotativo de 70 °C.

Os resultados obtidos durante essa pesquisa são refletivos apenas na quantidade de produto final extraído e seco, com isso, para o uso seguro e eficaz do produto final no desenvolvimento de produtos medicinais, são necessárias outras pesquisas quanto à composição química e qualidade do extrato em cada tratamento.

REFERÊNCIAS

- FELIPE, M. E. O; **Caracterização físico química de diferentes extratos de ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart. Ex. DC Mattos – Bignoniaceae).** Monografia.Universidade de Brasília. 65 p. Brasília, 2019.
- FERREIRA, V. F; PINTO, A. C; A fitoterapia no mundo atual. **Revista Química nova.** v.33, n. 9, p. 1829. 2010.
- FONSECA FILHO, BOMFIM, B. L. S; FARIAS, J. C; VIEIRA, F. J; BARROS, R. F. M; Pau-d’arco-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (mart. Ex. Dc.) Mattos): Conhecimento e uso madeireiro em comunidades rurais do nordeste do brasil. **Gaia Scientia.** vol.11(2):57-70, 2017.
- GRISI, C. V. B; ***Libidia férrea* (Jucá): Produção de farinha, bioaditivo e embalagem ativa antioxidante.** Tese de doutorado. 147f. Campina Grande, 2019.
- JESUS, B. C; KAKAZU, C. S; LUCIANO, L. A; TITO, E. R. G; SILVA, E. S; Obtenção do extrato hidroalcóolico da folha de noqueira (*Juglans regia* l.) e identificação de parâmetros físicos-químicos e microbiológicos para múltiplas aplicações. **Brazilian journal of development.** v.7, n.2, p. 16770-16781. Curitiba-PR, 2021.
- LOHMANN, L.G. ***Handroanthus* in Flora do Brasil 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020.
- MARQUES, L. C; Preparação de extratos vegetais. **Journal brasileiro de fitomedicina.** v.3. n.2. p.74-76. 2005.
- MORAIS, S. A; **Otimização do processo de extração de taninos a partir da espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret.** Dissertação de mestrado. 98f. Maceió – AL. 2019.
- MORAIS, M. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. S.; AGUIAR, E. L. C. C.; FERREIRA, M. V. G.; MARTINS, M. F.; OLIVEIRA, P. F.; FERREIRA, R. J.; SILVA, N. L.; BRAZ, W. R.; SILVA, K. O.; AMADO, P. A.; OLIVEIRA, M. M.; LIMA, L. A. R. S. TRIAGEM Fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana das flores de *Handroanthus impetiginosus*. **Biodiversidade**, v.19, n.2, p. 187-195, 2020.
- RYAN, R. Y. M; FERNANDEZ, A; WONG, Y; MILES, J. J; COCK, I. E; The medicinal plant *Tabebuia impetiginosa* potently reduces pro-inflammatory cytokine responses in primary human lymphocytes. **Scientific Reports.** 11:5519, 2021. <https://doi.org/10.1038/41598-021-85211-8>
- SAVI, A; **Otimização do processo de extração de compostos bioativos de folhas de jambo (*Syzgium malaccense*).** Trabalho de conclusão de curso. 48 f. Pato Branco – PR. 2015.

SOARES, I. A. L; **Obtenção de extratos de folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.): estudo experimental e otimização do processo.** Tese de doutorado. 79f. Campina Grande-PB. 2021.

SOUZA, C. R. F; **Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia forficata* Link pelos processos spray-drier e leite de jorro.** Dissertação de mestrado.180p. Ribeirão Preto. 2003.

SOUZA, J. M. A; SAMPAIO, P. T. B; DEGTEREV, I. A; SANTOS, A. L; SANTOS, V. S. Longitudinal distribution of lapachol in the stalk of ipê species (*Handroanthus* spp.). **European journal of wood and wood products.** p.609-611, 2020.

SILVA, R. W. V., MARTINS, G. M. G., NASCIMENTO, R. A., VIANA, A. F. S., AGUIAR, F. S., & SILVA, B. A. (2019). **Use of response surface methodology in optimization of phenolic compounds extraction from the shell of *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá).** fruits Brazilian Journal of Food Technology, 22, e2018089. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0891>

ANEXO

Tabela 1. Matriz de Planejamento $2^4 + 3$ pontos centrais dos extratos para concentração em evaporador rotativo.

Tratamento	Temperatura Extração (°C)	Tempo Extração (min)	Concentração Etanol (v/v)	Temperatura Evaporação
1	30 (-1)	30 (-1)	40 (-1)	60 (-1)
2	80 (+1)	30 (-1)	40 (-1)	60 (-1)
3	30 (-1)	90 (+1)	40 (-1)	60 (-1)
4	80 (+1)	90 (+1)	40 (-1)	60 (-1)
5	30 (-1)	30 (-1)	80 (+1)	60 (-1)
6	80 (+1)	30 (-1)	80 (+1)	60 (-1)
7	30 (-1)	90 (+1)	80 (+1)	60 (-1)
8	80 (+1)	90 (+1)	80 (+1)	60 (-1)
9	30 (-1)	30 (-1)	40 (-1)	70 (+1)
10	80 (+1)	30 (-1)	40 (-1)	70 (+1)
11	30 (-1)	90 (+1)	40 (-1)	70 (+1)
12	80 (+1)	90 (+1)	40 (-1)	70 (+1)
13	30 (-1)	30 (-1)	80 (+1)	70 (+1)
14	80 (+1)	30 (-1)	80 (+1)	70 (+1)
15	30 (-1)	90 (+1)	80 (+1)	70 (+1)
16	80 (+1)	90 (+1)	80 (+1)	70 (+1)
17	55 (0)	60 (0)	60 (0)	65 (0)
18	55 (0)	60 (0)	60 (0)	65 (0)
19	55 (0)	60 (0)	60 (0)	65 (0)

Tabela 2. Resultado da melhor condição de processo de acordo com as superfícies de respostas

VARIÁVEIS	-1			0			+1		
	T4 Recuper	T5 Evap	T6 Perdas	T4 Recuper	T5 Evap	T6 Perdas	T4 Recuper	T5 Evap	T6 Perdas
TEMEXT	+		+		+				
TEMPOEXT		+	+				+		
CONC	+							+	+
TEMEVAP							+	+	+

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus*
***impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos - IPÊ ROXO**

CARACTERIZAÇÃO DENDROLÓGICA DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex. DC.) Mattos – BIGNONIACEAE.

RESUMO

A caracterização dendrológica baseia-se em caracteres macromorfológicos vegetativos de fácil observação em campo, contudo, os estudos desta natureza são escassos para a maioria das espécies florestais, inclusive aquelas importantes economicamente. Com isso, essa pesquisa possui como objetivo descrever as características macromorfológicas e biométricas de indivíduos adultos e estruturas reprodutivas do *H. impetiginosus*. Para a descrição morfológica vegetativa, foram realizadas buscas exploratórias em um fragmento de vegetação nativa em caatinga paraibana no município de Patos-PB, nos períodos seco e chuvoso da região, nos quais, foram selecionados 20 indivíduos adultos e mensurados a Circunferência a Altura do Peito - (CAP), e Altura do Árvore (m), com auxílio de uma fita métrica e régua graduada. Foram coletadas também estruturas reprodutivas para avaliação morfométrica, que ocorreu no Laboratório de Dendrologia do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, da Universidade Federal de Campina Grande -PB. Com base nos dados coletados, observou-se que a *H. impetiginosus* é uma espécie terrícola, caducifólia, hábito arbóreo, com copa ampla e formato globoso. A altura dos indivíduos amostrados variaram entre 4-11m e CAP entre 18-162cm. As folhas são compostas digitadas e pecioladas. Suas flores possuem coloração roxa e reunidas em inflorescências cimosas terminais. Já os frutos são do tipo silíqua, simples, deiscente, com coloração castanho-escuro opaco na maturidade, com média de 31,4 cm de comprimento. As sementes são pequenas (1,1x1,5x0,2cm), formato arredondado, e apresenta alas hialinas e membranáceas nas duas laterais. Tendo como base os resultados, conclui-se que os caracteres macromorfológicos das estruturas reprodutivas são importantes para a identificação das espécies, porém as características macromorfológicas vegetativas da copa, fuste e da casca estão presentes durante todos os meses do ano, independente do período chuvoso ou seco, fato que facilita sua identificação.

Palavras-chave: Caatinga, Ipê-roxo; morfologia; identificação de plantas.

DENDROLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Handroanthus impetiginosus*
(Mart. Ex. DC.) Mattos – BIGNONIACEAE.

ABSTRACT

The dendrological characterization is based on vegetative macromorphological characters that are easy to observe in the field, however studies of this nature are scarce for most forest species, including those economically important. Thus, this research aims to describe the macromorphological and biometric characteristics of adult individuals and reproductive structures of *H. impetiginosus*. For the vegetative morphological description, exploratory searches were carried out in a fragment of native vegetation in the caatinga of Paraiba in the municipality of Patos-PB, in the dry and rainy periods of the region, in which 20 adult individuals were selected and the circumference at Chest Height – (CAP) and Tree Height (m) were measured with the aid of a measuring tape and a graduated ruler. Reproductive structures were also collected for morphometric evaluation, which took place at the Laboratory of Dendrology of the Center for Rural Health and Technology, Federal University of Campina Grande – PB. Based on the collected data, it was observed that *H. impetiginosus* is a terrestrial species, deciduous, with arboreal habit, with a wide crown and globose shape. The height of the sampled individuals ranged between 4-11m and CAP between 18-162cm. The leaves are composed of typed and petiolate. Its flowers are purple in color and are clustered in terminal peaks. The fruits are of the silique type, simple, dehiscent, with a dark brown opaque color at maturity, with an average of 31.4 cm in length. The seeds are small (1,1x1,5x0,2cm), rounded in shape and have hyaline and membranous wings on both sides. Based on the results, it is concluded that the macromorphological characters of the reproductive structures are important for the identification of species, however, the vegetative macromorphological characteristics of the crown, shaft and bark are present throughout the year, regardless of the rainy or dry season, a fact that facilitates their identification.

Key words: Caatinga, Ipê-roxo, Morphology, Plant identification.

1. INTRODUÇÃO

A Dendrologia é uma área do conhecimento que faz parte da Botânica Sistemática que tem como objetivo o estudo das espécies arbóreas, incluindo tanto sua identificação, distribuição geográfica e utilização, sendo assim, suporte para silvicultura ou o manejo florestal. Todavia, cabe evidenciar que a identificação de árvores em um país tropical como o Brasil não é uma tarefa fácil, frente a grande diversidade florística existente (MARCHIORI, 1997). A dificuldade na identificação tradicional pela botânica, fez surgir a metodologia dendrológica, que se baseia em caracteres macromorfológicos vegetativos de fácil observação em campo, como aspectos da copa, casca, fuste, folhas, entre outros.

As espécies do gênero *Handroanthus* caracterizam-se pela facilidade na identificação em campo durante o período de floração e frutificação, pois destacam-se comumente na vegetação das outras espécies nativas. Contudo, sabe-se que o período de reprodução das espécies é limitado a alguns meses do ano, o que torna a identificação e reconhecimento em campo mais difícil nos outros meses. Além disso, a Caatinga apresenta como característica marcante a perda das folhas da maioria das espécies durante o período seco em resposta ao déficit hídrico, sendo este fenômeno denominado caducifolia (LOIOLA et al., 2012). Quando se observa essas duas características ocorrendo de forma simultânea, as atividades que envolvem coleta de material para uso medicinal, os levantamentos florísticos, fitossociológicos ou inventários florestais, tornam-se mais trabalhosos, demorados e onerosos, pela dificuldade do reconhecimento em campo de muitas espécies. Pois, na maioria dos casos tendo que se coletar material vegetal e recorrer a herbários, especialistas ou outro meio de identificação.

Entre as espécies do gênero *Handroanthus* sp, destaca-se o *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.), uma espécie arbórea, nativa, pertencente família botânica Bignoniaceae, conhecida popularmente na região semiárida do Brasil como Ipê roxo ou Pau d'arco. Essa espécie possui significativa importância econômica, com potencial de utilização, sendo recomendada para compor áreas em reflorestamento, alimentação da fauna e produção de mel (SALOMÃO; CAMILO, 2016), para fins medicinais (SILVA et al., 2012; SILVA-JUNIOR et al., 2018; MORAIS et al., 2020), ornamentais e paisagismo em geral (PACHECO; SILVA, 2019) e madeireiros na fabricação de móveis e na construção civil e naval (SAUERESSIG et al., 2014; RIBEIRO; COELHO, 2021). Mas, especialmente, devido a exploração madeireira sem considerar os preceitos do manejo florestal sustentável, ocorreu ao longo dos anos a diminuição populacional dessa espécie,

levando a ser inserida na lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção (CNCFlora, 2012). Estes fatores justificam ainda mais estudos sobre a mesma, principalmente, aqueles que visem a sua correta identificação.

A descrição morfológica de *H. impetiginosus*, foi realizada apenas no trabalho de Gentry (1992), onde o mesmo descreveu as espécies da família Bignoneaceae - Tribo Tecomeae, contudo, apesar do excelente trabalho, alguns aspectos podem ser melhor detalhados e as ilustrações são ainda em desenhos em preto e branco. E, o estudo mais recente com esta temática para a espécie foi conduzido por Felix et al. (2018), porém, descreveram apenas as características morfológicas das sementes e plântulas, embora, os autores afirmem que mesmo nos dias atuais, ainda existe dificuldade na distinção de espécies do gênero *Handroanthus* Mattos. Com isso, esta pesquisa torna-se relevante, visto que, reúne em um único documento a descrição e ilustração completa das características macromorfológicas e biométricas das estruturas vegetativas e reprodutivas, que poderão subsidiar na correta identificação da espécie, e posteriormente, sua utilização.

Tendo em vista os fatos apresentados, o objetivo do presente estudo foi descrever as características macromorfológicas e biométricas de indivíduos adultos e estruturas reprodutivas do *H. impetiginosus*, ocorrentes em fragmento de Caatinga, visando ampliar e compilar informações que subsidiarão a identificação *in situ* da espécie em trabalhos futuros, seja no período seco ou chuvoso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados em campo para pesquisa foi realizada em um remanescente de vegetação nativa de caatinga, em estágio secundário de regeneração natural, localizada no imóvel rural Sítio Serrota, com aproximadamente 43ha, pertencente ao Município de Patos, Estado da Paraíba (07°04'32,15" S; 37°18'51,16" O). O clima da região de Patos é classificado como do tipo BSh semiárido quente e seco, segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013), possui temperatura média de 25.5 °C, e 728 mm de pluviosidade média anual, concentrados nos meses de janeiro a maio (CLIMATE-DATA.ORG., 2020). E os solos que predominam no imóvel rural são os Luvisolos e Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2013).

Para a descrição morfológica vegetativa dos indivíduos de *H. impetiginosus*, foram realizadas buscas exploratórias no fragmento de vegetação nativa de caatinga nos

períodos seco e chuvoso da região, nos quais, foram selecionados 20 indivíduos adultos e de boa vitalidade, e mensurados a Circunferência a Altura do Peito (CAP) em centímetros e Altura da Árvore em metros com auxílio de uma fita métrica e régua graduada, segundo as recomendações da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (2005), além da coleta de material botânico para comparação no Herbário CSTR da Universidade Federal de Campina Grande, afim de confirmação da identificação da espécie, e a grafia de nome científico confirmada pelo site Lista de Espécies da Flora do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020).

Como também, foram coletados material vegetativo (folhas) e estruturas reprodutivas (flor, fruto e sementes) e levados para caracterização no Laboratório de Dendrologia do CSTR, de acordo com Marchiori (1995) considerando os seguintes caracteres macromorfológicos:

Copa: forma (globosa, elíptica, cônica, pendente, umbeliforme, piramidal ou irregular, entre outras); densidade (densifoliada ou paucifoliada) e divisão (simples, múltipla ou estratificada);

Tronco: forma de crescimento (fuste reto, tortuoso e inclinado); ramificações (monopodial ou simpodial).

Casca morta (ritidoma) e viva (interna): coloração; odor; exsudações (látex, goma ou resina); aspectos superficiais (casca lisa, áspera, fissurada, desprendimento em placas retangulares ou irregulares); presença de musgos, espinhos, acúleos, lenticelas e cicatrizes foliares. Para avaliação da coloração, odores ou exsudações características da casca interna foi realizado com auxílio de facão um corte longitudinal de aproximadamente 10 cm no tronco de três indivíduos e esperado por cinco minutos o comportamento;

Raízes: subterrâneas ou visíveis superficialmente;

Folha: filotaxia; classificação (simples, composta ou recomposta); tamanho, forma, ápice, margem, base e nervação do limbo; consistência; cor; pilosidade; odor; pecíolo e espinhos.

Flor ou inflorescências: tamanho com uso de uma régua; cor; com receptáculo ou séssil; cálice e corola; androceu e gineceu.

Fruto e semente: cor, forma e o tamanho com uso de um paquímetro digital e régua foram realizadas a biometria de 100 frutos e 100 sementes;

Para as sementes outros parâmetros também foram obtidos, como peso de mil sementes (g), utilizando-se oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009), o teor de umidade (%), com quatro repetições de 50 sementes, determinado pelo método da estufa

a 105 ± 3 °C durante 24 horas (BRASIL, 2009), e utilizando-se papel alumínio como recipiente. Para avaliação do potencial fisiológico das sementes, o teste de germinação foi conduzido em ambiente de viveiro, utilizando-se de banjedas plásticas (20x10x5cm) como recipiente e como substrato terra de subsolo + esterco bovino (2:1) e irrigações diárias, com quatro repetições de 25 sementes.

Os dados de CAP, altura da árvore e biometria de frutos e sementes mensurados, foram organizados em planilhas utilizando-se o Microsoft Excel (2016) e realizado a estatística descritiva com auxílio do Software BioStat 5.0 (2008). Foram também confeccionadas figuras em forma de pranchas com imagens obtidas em campo e em laboratório das principais características dendrológicas, com o auxílio de uma câmera fotográfica digital.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie *H. impetiginosus* é conhecida popularmente como Ipê roxo ou pau d'carco, pertencente à família botânica Bignoniaceae. A mesma, não é considerada endêmica do Brasil, contudo, é nativa e com ampla distribuição geográfica, com ocorrências já confirmadas para as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, com domínios fitogeográficos nos Biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (LOHMANN, 2020).

O *H. impetiginosus* é uma espécie terrícola, possui hábito arbóreo, com copa ampla, formato globoso, divisão simples, densifoliada e ramificação simpodial (Figura 1A) e, de acordo com Lorenzi (1992) é uma planta heliófita e decídua, sendo características das florestas semidecídua e pluvial. Esse aspecto é relevante no tocante a sua ampla distribuição geográfica, sendo um dos mecanismos adaptativos da espécie para sobrevivência em locais aonde apresentam características climáticas extremas, como a Caatinga. Este fato foi confirmado no presente estudo, com observação de indivíduos totalmente providos de folhas e flores até o início do período seco da região (julho/2020) (Figura 1A-B) e em meado do período seco (setembro/2020), observou-se apenas o final da abscisão foliar e frutos maduros (Figura 1 C-D).



Figura 1 – Aspectos da copa no período chuvoso (A; B) e no período seco (C; D) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Na Caatinga, o clima que predomina é semiárido, caracterizados por dois períodos anuais marcados pela presença de chuvas (janeiro a maio) e ausência dela, o chamado período seco (junho a dezembro). Durante o período chuvoso até primeiros meses do período seco, a correta identificação e reconhecimento em campo do *H. impetiginosus* é realizada com facilidade pela presença de estruturas reprodutivas, folhas e formato da copa, com exuberante beleza, e o contrário ocorre nos demais meses do período seco, onde essas estruturas não mais estão presentes, pela abscisão das folhas, fim da floração e abertura dos frutos para dispersão das sementes. E, é em decorrência de apresentar muita

beleza, essa espécie tem sido muito utilizada em projetos de arborização urbana e paisagismo (ALVES; FREIRE, 2017).

Em relação aos parâmetros dendrométricos mensurados, constatou-se que a altura dos indivíduos amostrados variaram entre 4-11m, contudo, a maior variação foi verificada para a variável CAP, onde os valores oscilaram entre 18-162cm, com isso, é compreensível o elevado valor calculado para coeficiente de variação 77,2% (Tabela 1). Mas, vale ressaltar que as variações nesses parâmetros, possivelmente, estejam associadas apenas a idade dos indivíduos amostrados, já que nenhum outro fator que pudesse interferir nos mesmos foi observado.

Tabela 1. Estatística descritiva da Altura dos Indivíduos Adultos (m) e Circunferência a Altura do Peito CAP (cm) do Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), coletados em área de Caatinga, Paraíba Brasil.

Parâmetros	Altura dos Indivíduos Adultos (m)	Circunferência a Altura do Peito CAP (cm)
Valor mínimo	4	18
Valor máximo	11	162
Média	6,4	56,9
Mediana	6,6	39,5
Desvio padrão	1,9	43,9
Coeficiente de variação (%)	29,4	77,2

Lorenzi (1992) descreve que a altura dos indivíduos de *H. impetiginosus* atingem aproximadamente de 8-12m, podendo chegar a 20-30m dentro da floresta, com fuste possuindo de 60 a 90 cm de diâmetro. E em estudo recente de conduzido por Lima e Coelho (2018), em área de Caatinga no Estado do Ceará com a mesma espécie, obtiveram valores máximos de 6m de altura e 39,8cm de CAP.

. Diante do exposto, pode afirmar que os resultados levantados nesta pesquisa estão de acordo com os dados apresentados na literatura para a espécie, e que as divergências estão dentro do esperado, considerando as condições edafoclimáticas de cada local.

O fuste de *H. impetiginosus* é cilíndrico, reto e com ramificação do tipo simpodial (Figura 2), geralmente, não apresenta bifurcações abaixo de 1,30m de CAP, mas dos

indivíduos amostrados na área de estudo, 10% exibiram fustes bifurcados, e estes ocorriam entre formações rochosas, o que leva a supor que esta condição de substrato possa influenciar nesta variável.

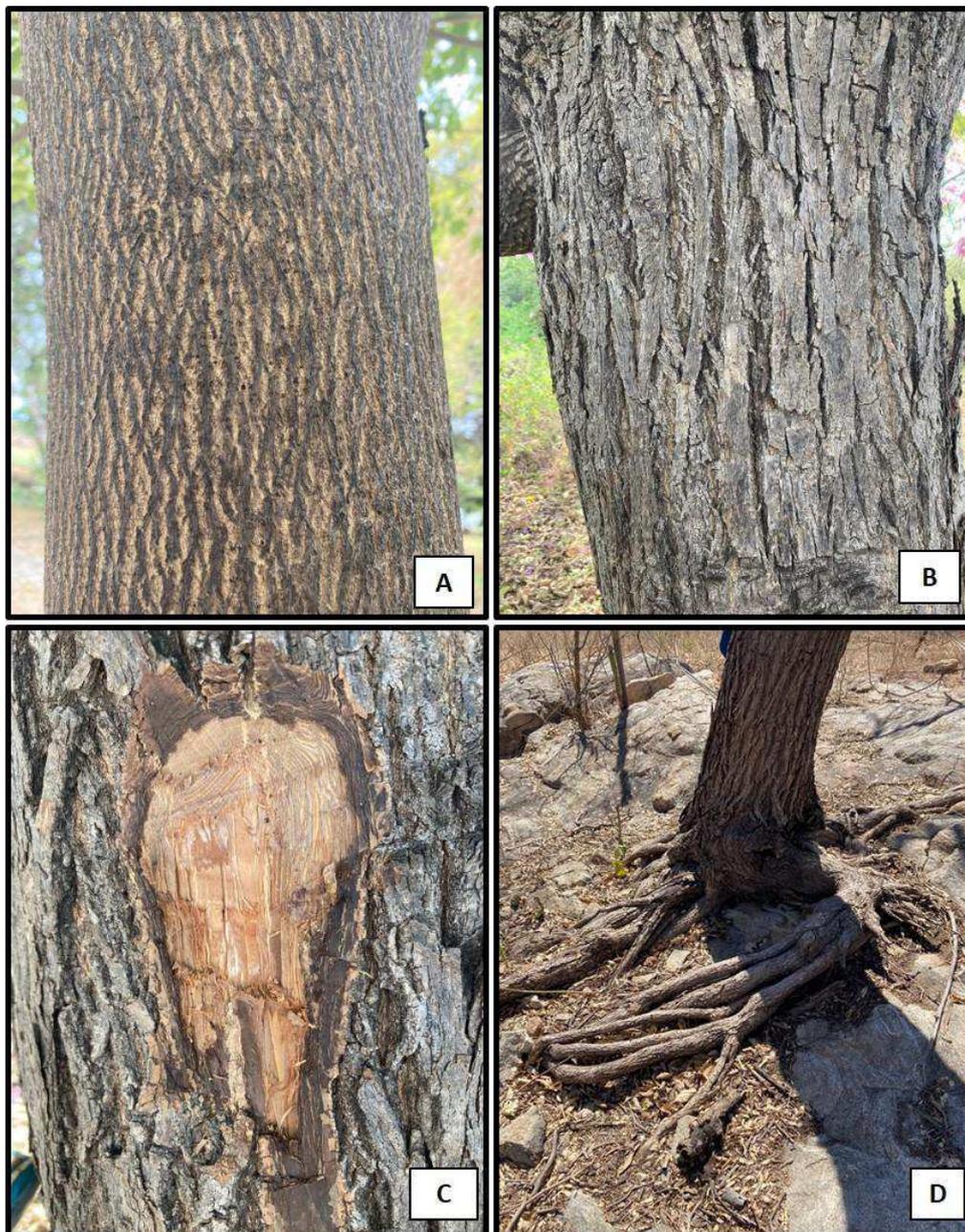


Figura 2 – Aspectos da casca morta ou ritidoma (A) e casca viva (B) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Quanto aos aspectos macromorfológicos da casca, verificou-se que ocorrem mudanças na casca morta (ritidoma) de acordo com a idade dos indivíduos. Nos

indivíduos mais jovens a casca morta apresenta-se na coloração amarronzada, áspera e fissurada longitudinalmente, na qual, é possível visualizar com facilidade a casca viva (interna), de coloração amarelada (Figura 2A-B). Com o passar dos anos, à medida que os indivíduos se desenvolvem e, especialmente, pelo crescimento secundário, uma série de peridermes sequenciadas são formadas, onde tecidos vão sendo acumulados dando origem a camadas muito mais espessas da casca morta e, conseqüentemente, fissuras mais profundas, com coloração acinzentada, não sendo possível observar a casca viva (interna) e sem desprendimento (Figura 2B-C). Após o corte, a casca viva (interna) não apresenta exsudações, permanecendo a coloração amarelada e odor característico de madeira (Figura 2C). Além disso, não notou-se a presença de musgos, espinhos, acúleos, cicatrizes foliares na casca, e lenticelas registradas nos ramos mais finos.

As características macromorfológicas do fuste e da casca são importantes na identificação em campo dessa espécie, especialmente, no período seco, quando as estruturas reprodutivas e folhas não estão presentes, como já relatado, e considerando que poucos estudos focam em descrever os aspectos macromorfológicos vegetativos.

Certamente, os aspectos macromorfológicos já mencionados do fuste e da casca de *H. impetiginosus*, são considerados para que a espécie seja utilizada para ornamentação e, frequentemente, recomendada para o paisagismo em geral. No entanto, o potencial de utilização tanto do fuste como da casca vai além de ornamental, pois sua madeira possui boa qualidade, devido sua alta densidade (1,08 g/cm³), dureza e longa durabilidade, por ser resistente a organismos xilófagos. Estando estas características em conformidade com suas indicações de usos, podendo sua madeira ser destinada a vários fins como construções civis e navais, pontes, dormentes, movelaria, entre outros (LORENZI, 2008; SCHULZE et al., 2008; ALVES; FREIRE, 2017). Além disso, a casca dessa espécie é comumente utilizada para fins medicinais, onde estudos apontam substâncias isoladas com ação em atividades biológicas como anticâncer, adstringentes, antiinflamatórias, antioxidantes e antibacterianas (SILVA et al., 2012; COELHO, 2015; PACHECO; SILVA, 2019).

A raiz é típica de uma dicotiledônea arbórea, pivotante e profunda, com a raiz principal e secundárias grossas, e em poucos indivíduos foram observadas raízes superficiais, sobretudo, aqueles que cresceram próximos ou entre as rochas (Figura 2D).

As folhas de *H. impetiginosus* possuem filotaxia oposta (Figura 3A), são compostas, digitadas, com pecíolos longos de 7-13cm, pecíólulos de tamanhos variados (1-5cm), sendo os maiores no folíolo terminal, folíolos de formato elípticos a oblongos

com média de cinco por folha (folíolo terminal 9-15cm), margem ligeiramente serrada, base acunhada (base de bordos retos e convergentes), ápice de agudo a atenuado, consistência coriácea, coloração verde-escuro, com cor semelhantes em ambas as faces, porém, mais intenso na face adaxial, e nervação peninérvea, onde observa-se uma nervura principal, da qual, nascem as nervuras secundárias (Figura 3A-C). Com presença de apêndices epidérmicos (tricomatos) (LOZANO; ZAPATER, 2008) e ausência odores.

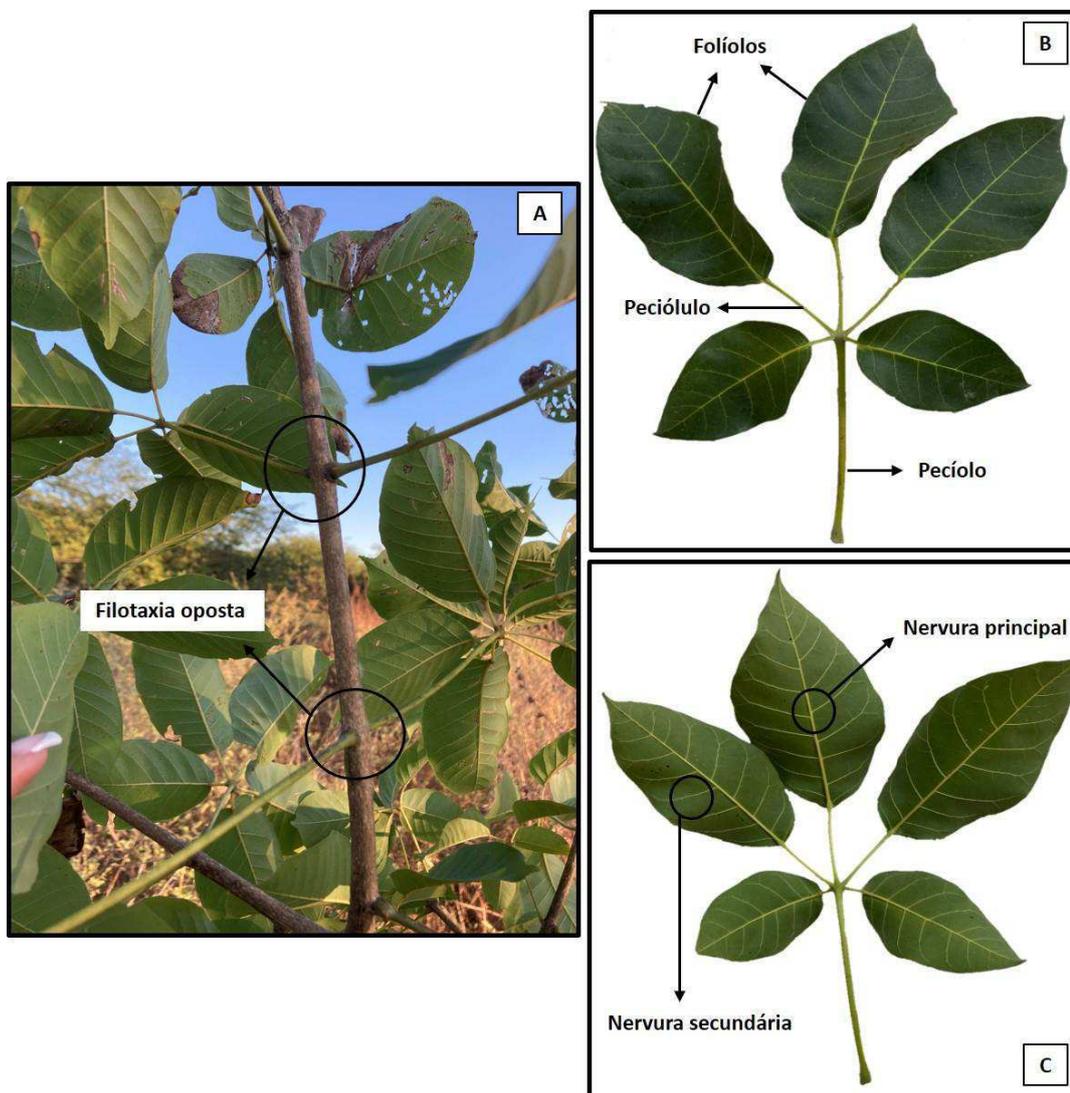


Figura 3 – Disposição das folhas nos ramos (A), lado adaxial (B) e abaxial (C) de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

No período chuvoso, as folhas são estruturas importantes na identificação e distinção em campo entre o *H. impetiginosus* e as demais espécies da Caatinga, especialmente, pela morfologia digitada, não muito comum nas outras espécies desse bioma, muito embora, no período seco pela característica caducifólia da espécie (SCHLINDWEIN et al., 2014; RIBEIRO; COELHO, 2021), isso não seja possível. Os autores Oliveira et al. (2020) corroboram com esta informação ao afirmarem que o *H. impetiginosus*, apresenta como um dos mecanismos de tolerância à seca a senescência foliar, sendo esta uma adaptação importante para atenuar as injúrias provocadas pela escassez de água durante alguns meses do ano.

A flor de *H. impetiginosus* é arranjada em inflorescências cimosas terminais, em grupos de três (Figura 4A-B), pedunculada, com simetria bilateral (zigomorfa), apresenta os dois verticilos estéreis, as sépalas e pétalas (completa ou diclamídea) e dois os verticilos férteis androceu e gineceu (hermafrodita) (Figura 4C-D). O cálice é gamossépalo, de cor verde, pubescente, com tricomas, e formato campanulado, com 4-lacínias variando de arredondadas a obtusas (Figura 4C). A corola é pentâmera, com pétalas de cor roxa e guias de néctar amarelos nos pontos de fusões, de consistência membranácea, medem aproximadamente 7cm de comprimento, possuem tricomas e são fundidas (simpétalas) desde a base do receptáculo até quase 1/3 do seu comprimento, a união não chega a extremidade superior das pétalas, e as mesmas curvam-se para o lado externo, a corola apresenta-se como tubo alongado que se estreita abruptamente para baixo como um funil (Figura 4 C).

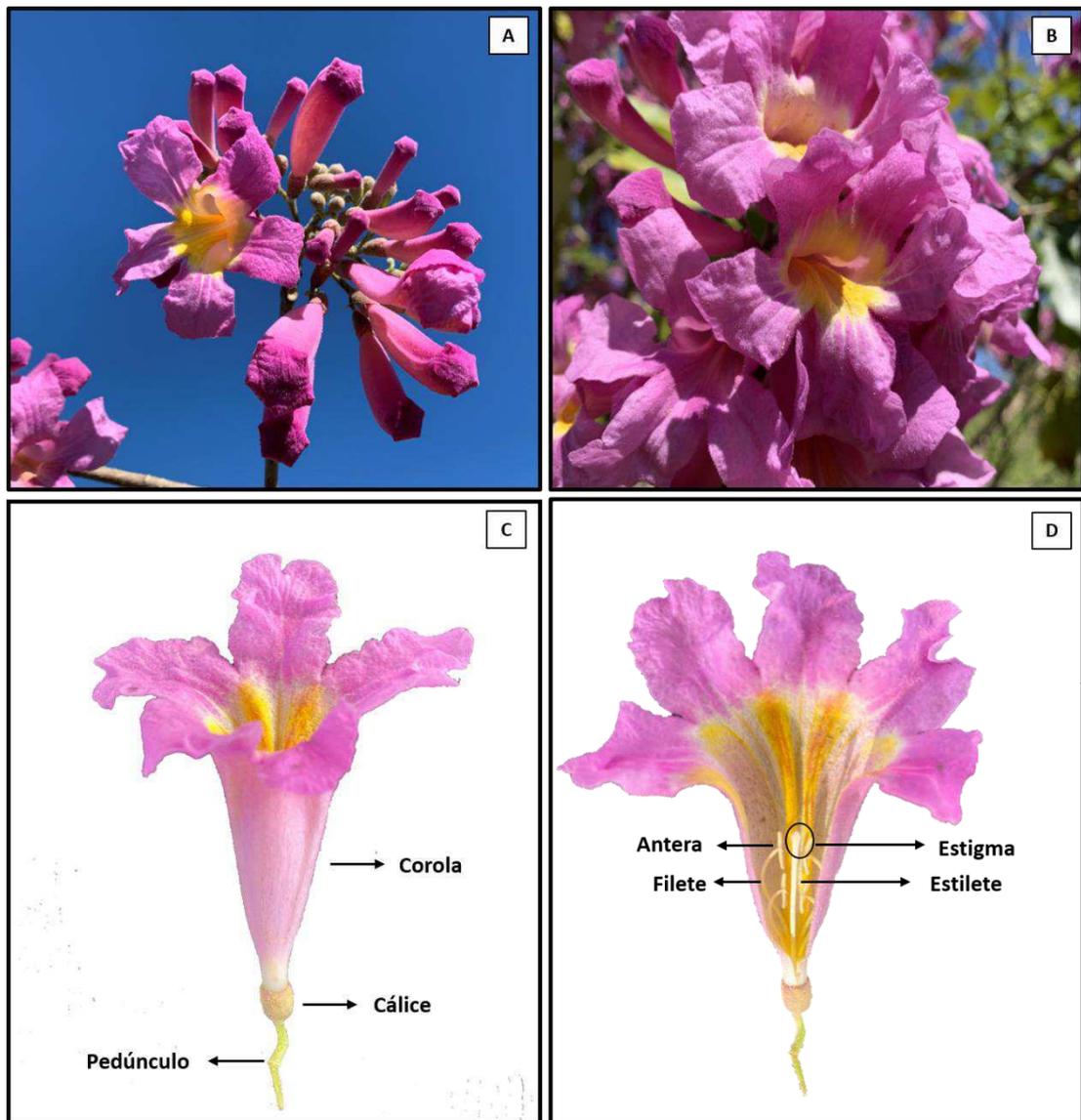


Figura 4 – Aspectos dos elementos florais de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Por meio de uma abertura na corola, observa-se aos verticilos férteis, a presença do estigma + estilete + ovário ínfero (Gineceu), como também, os estames (4), compostos por filete + antera (Androceu), que são livres, em número menor que o número de pétalas (oligostêmones), e dos quatro estames, dois são maiores e dois menores (didínamo) (Figura 4D).

De acordo com Schlindwein et al. (2014), muitos representantes da família Bignoniaceae têm flores com pétalas fundidas que formam um tubo na corola, e que essa morfologia está relacionada com a polinização. Os mesmos autores relatam ainda que a

floração abundante ou em massa é uma estratégia largamente difundida entre as árvores tropicais, e sugerem que seja para aumentar a atração de polinizadores de longa distância.

Na Caatinga, quando os indivíduos de *H. impetiginosus* estão floridos, o reconhecimento e identificação ainda em campo é fácil, inclusive, a longa distância, pois a floração ocorre nas árvores desfolhadas e/ou podem coexistir com folhas velhas (Figura 1A), conforme Rizzini (1978). Essa facilidade está atribuída pela exuberante beleza proporcionada pelas flores, situando as inflorescências na porção terminal dos ramos finos, de forma abundante abrangendo toda copa (Figura 4A-B). Além do mais, o *H. impetiginosus* é a única espécie arbórea de corola roxa encontrada na Caatinga no Estado da Paraíba, o que torna mais fácil a sua identificação. Porém, a floração desta espécie em áreas com vegetação de caatinga está restrita a apenas três meses do ano, sendo estes de junho a agosto, com isso, nos outros meses, faz-se necessário recorrer a outros caracteres morfológicos para a identificação.

O fruto é simples, com coloração variando de verde quando imaturos a castanho-escuro opaco na maturidade (Figura 5A-B), pericarpo seco, polispérmico (Figura 5C), tipo síliqua, cilíndrica, linear, alongada, levemente ondulados, com extremidades agudas, deiscente, no qual, separa-se em duas valvas laterais deixando um eixo central, ao qual ficam presas as sementes (Figura 5D).



Figura 5 – Aspectos dos frutos de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) verdes aderidos aos ramos (A), frutos maduros com início de abertura (B), fruto maduro, totalmente aberto liberando as sementes (C) e fruto verde, maduros fechado e aberto com eixo central visível.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Morfobiometricamente, a semente de *H. impetiginosus* é pequena (peso de mil sementes < 200g – BONNER, 1984), de formato arredondado, fina (2mm), delgada, com leve curvatura e apresenta alas hialinas e membranáceas nas duas laterais (Figura 6 A-B). É bitegmentada, porém, não é possível a diferenciação, possui coloração amarronzada e ligeiramente brilhante, sendo o tegumento uma estrutura fina que não confere dormência física (Figura 6 A-C). Na superfície do tegumento é possível a visualização de algumas cicatrizes, como, por exemplo, saliências nas duas laterais próximas as alas

(pleurograma), a rafe, ocupa a posição central da semente em sentido longitudinal, e acima da região da rafe observa-se o hilo de cor castanho e o poro micropilar puntiforme (Figura 6 B).

O endosperma está localizado abaixo do tegumento, ocupando praticamente toda a sua cavidade, possuindo formato cordiforme, coloração creme, fino pela pouca reserva (Figura 6 D).

O embrião é reto, coloração creme, pequeno em relação ao tamanho da semente (1mm), formato espatulado, e está situado na região central-basal do endosperma (axial) (Figura 6 D). O eixo hipocótilo-radícula, cotilédones e a plúmula não são visíveis a olho nu, sendo necessários cortes anatômicos para visualização. Os caracteres morfológicos do embrião aqui reportados estão de acordo com os descritos para o *H. impetiginosus* (FELIX et al. 2018) e para outras espécies da família Bignoniaceae (RENÓ et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008).

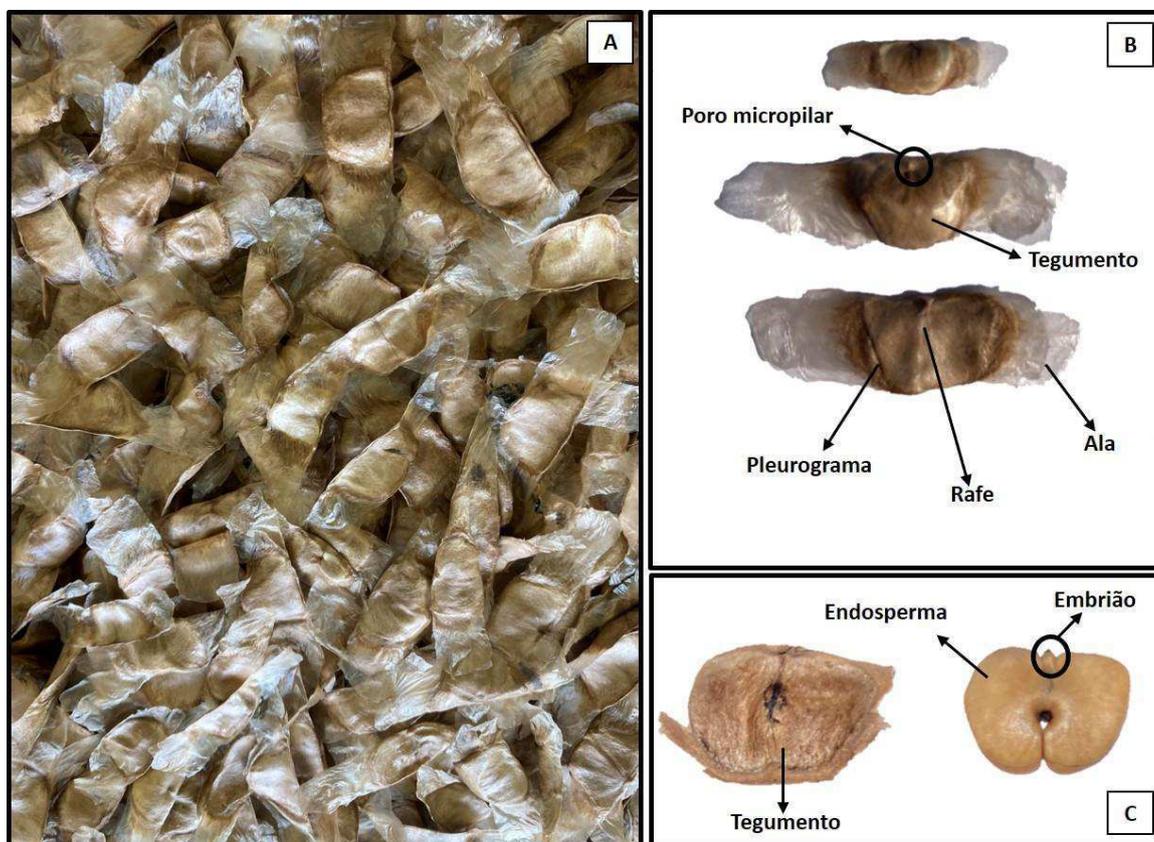


Figura 6 – Sementes de Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos) de frutos coletados em área de vegetação nativa de Caatinga, Paraíba, Brasil.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

O teor de umidade das sementes recém coletadas foi 6,65%. Essa baixa umidade, aliado ao resultado do teste de germinação que foi próximo aos 80,0%, é possível, fazer inferências importantes sobre o comportamento fisiológico das sementes desta espécie, e está de acordo com a classificação de sementes ortodoxos, conforme Martins et al. (2011). Além do mais, o teor de umidade também tem relação com o peso das sementes, onde verificou-se que as mesmas são leves, sendo que o peso de mil sementes com as alas foi de apenas 120,97g, que corresponde a 8.267 sementes por quilograma. Os valores relacionados ao peso de mil sementes e número de sementes por quilograma estão próximos aos relatos por Felix et al. (2018), que foram de 104,3g e 9600 sementes por quilograma. De acordo com a Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), o peso de mil sementes de uma amostra varia segundo com o teor de umidade das sementes, com isso essa pequena variação é aceitável.

Os aspectos morfológicos como, por exemplo, a presença de alas, o baixo teor de umidade e o peso das sementes de *H. impetiginosus*, são característicos de espécies com síndrome de dispersão do tipo anemocoria, onde o vento é seu principal agente dispersor, levando as sementes para longas distâncias da planta mãe, garantindo assim maiores chances de não serem predadas e recrutamento de novos indivíduos. Por outro lado, Oliveira et al. (2008) mencionam que estas características podem também dificultar seu estabelecimento devido a uma menor reserva energética.

Com relação aos parâmetros biométricos dos frutos e sementes de *H. impetiginosus*, observa-se na Tabela 2, que as dimensões dos frutos apresentam variações de 19,3-39,5cm de comprimento e de 1,2 a 2,3cm de diâmetro, e que apesar da amplitude constatada, o coeficiente de variação manteve-se abaixo de 20% para as duas variáveis, o que indica que mesmo sendo frutos provenientes de mais uma planta matriz a amostra pode ser considerada homogênea. Quanto aos resultados biométricos das sementes sem as alas, os valores médios obtidos para amostra foram de aproximadamente 1,1x1,6x0,2cm de comprimento, largura e espessura, e para as duas últimas variáveis apesar dos baixos valores de desvio padrão $\pm 0,34$ e $\pm 0,06$, respectivamente, os coeficientes de variações ultrapassaram ligeiramente os 20% recomendados. Embora esses resultados evidenciem a existência de uma pequena variação biométrica nos frutos e sementes dentro da espécie, possivelmente, essa variação esteja correlacionada com a variabilidade genética populacional, natural em florestas nativas.

Tabela 2. Estatística descritiva da caracterização biométrica de frutos e sementes do Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), coletados em área de Caatinga, Paraíba Brasil.

Parâmetros	FRUTOS		SEMENTES		
	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)
Valor mínimo	19,3	1,2	0,8	0,8	0,1
Valor máximo	39,5	2,3	1,4	2,4	0,4
Média	31,44	1,5	1,11	1,57	0,2
Mediana	31,7	1,5	1,1	1,6	0,2
Desvio padrão	4,05	0,23	0,12	0,34	0,06
Coefficiente de variação (%)	12,86	15,08	11,16	21,79	29,71

Vale ressaltar, que os resultados apresentados neste estudo quanto aos aspectos biométricos de frutos e sementes são similares aos encontrados em outras pesquisas para o *H. impetiginosus* (GENTRY, 1992; FELIX et al., 2018), e é comum nas espécies florestais a existência de uma ampla diversidade quanto aos caracteres biométricos das estruturas reprodutivas, e um dos fatores que pode explicar essas oscilações nos valores são as condições edafoclimáticas dos locais de ocorrência.

No entanto, apesar da importância morfológica dos frutos e sementes de *H. impetiginosus*, para correta identificação em campo da espécie, não é recomendado a utilização dessas estruturas de forma isolada, pois são semelhantes às de outras espécies dos gêneros *Handroanthus* e *Tabebuia*. Corroborando com essas afirmações, Felix et al. (2018) descrevem que as sementes de *H. impetiginosus* pouco se diferenciam de algumas espécies do gênero *Handroanthus*, contudo, apresentam diferenças quanto aos aspectos biométricos. Mas, os aspectos biométricos não são parâmetros de simples avaliação em campo, considerando uma amostra representativa, assim, o objetivo da identificação dendrológica não é atendido por não haver a rapidez e praticidade que a distingue da identificação taxonômica.

4. CONCLUSÕES

As características macromorfológicas da copa, fuste e da casca são importantes na identificação e reconhecimento em campo do *H. impetiginosus* durante todos os meses do ano, e independem de período chuvoso ou seco;

As folhas e estruturas reprodutivas possuem características morfológicas importantes que facilitam a identificação em campo da referida espécie, contudo, essas estruturas não estão presentes em todos os meses do ano, especialmente, em regiões de déficit hídrico, como no semiárido brasileiro que ocorre a Caatinga;

Os aspectos morfológicos dos frutos e sementes são eficientes na identificação em campo dos indivíduos de *H. impetiginosus* quando ainda estão aderidos a planta, após a abertura e dispersão das sementes para longas distâncias pelo vento, de forma isolada, dificilmente, essas estruturas poderão auxiliar na identificação da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013. DOI: <http://10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALVES, F. J. B; FREIRE, A. L. O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.3, p.195-202, 2017.
- BONNER, F.T. Tolerance limits in measurement of tree moisture. **Seed Science and Technology**, v.12, p.789-794,1984.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.
- COELHO, J. M.. **Avaliação toxicogenética, bioquímica e da reparação tecidual em modelo experimental submetido a tratamentos com extratos de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos (ipê-roxo) e de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão)**. Tese (Doutorado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo grande, 2015.
- CNCFlora. *Handroanthus impetiginosus* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora.
- GENTRY, A. H. Bignoniaceae: Part II (Tribe Tecomeae). **The New York Botanical Garden**. v. 25, n. 2, p. 1-370, 1992.
- LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologi@**, v. 4, p. 14-19, 2012.
- LOHMANN, L.G. *Handroanthus* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil**. v. 1. 5ª edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.
- LOZANO, E. C.; M. A. ZAPATER. Delimitation and status of *Handroanthus heptaphyllus* and *H. impetiginosus*. (Bignoniaceae, Tecomeae). **Darwiniana**, v. 46, n. 2, p. 304-317, 2008.
- MARCHIORI, J. N. C. **Elementos de Dendrologia**. 1ª ed. Santa Maria: UFMS, 1995.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. 1ª ed. Santa Maria: UFMS, 1997.
- MARTINS, L.; LAGO, A. A.; CICERO, S. M. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabebuia avellanedae* e *Tabebuia impetiginosa* submetidas à ultra-secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4 p. 626 - 634, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400004>

MORAIS, M. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. S.; AGUIAR, E. L. C. C.; FERREIRA, M. V. G.; MARTINS, M. F.; OLIVEIRA, P. F.; FERREIRA, R. J.; SILVA, N. L.; BRAZ, W. R.; SILVA, K. O.; AMADO, P. A.; OLIVEIRA, M. M.; LIMA, L. A. R. S. TRIAGEM Fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana das flores de *Handroanthus impetiginosus*. **Biodiversidade**, v.19, n.2, p. 187-195, 2020.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHELEDER, E. J. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. DC.) Standl. **Revista Árvore**, v.32, n.6, p.1011-1018, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600006>

OLIVEIRA, N. P.; NASCIMENTO, J. W. S.; MADALENA JÚNIOR, N. S.; SERAFIM, E. O.; LEANDRO, B. S.; PEREIRA, L. S.; SANTOS, M. C. C.; NASCIMENTO, H. H. C. Ecofisiologia de mudas de *Handroanthus impetiginosus* submetidas diferentes ciclos de rega. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36563-36574, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-264>

PACHECO, C. S. G. R.; SILVA, A. M. Arborização urbana em Petrolina (PE): melhoria paisagística e de qualidade ambiental com plantas nativas da Caatinga. **Nature and Conservation**, v.12, n.2, p.77-87, 2019. DOI: DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2019.002.0008>

RENÓ, L. R.; MOSCHETA, I. S.; BRACCINI, A. L. Morfo-anatomia do fruto e semente de amarelinho (*Tecoma stans* (L.) Kunth - BIGNONIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 18-30, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300003>

RIBEIRO, A. E. S.; COELHO, E. S. Factores abióticos sobre aspectos ecofisiológicos de *Handroanthus impetiginosus* y *Handroanthus serratifolius*. **Bosque**, v. 42, n. 1, p. 121-129, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002021000100121>

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

SALOMÃO, A. N.; CAMILLO, J. *Handroanthus impetiginosus*. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. (Eds.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Centro-Oeste**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016, cap. 5, pp. 801-812.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; UHI, C.; LENTINI, M.; VIDAL, E. Evaluating ipê (*Tabebuia* Bignoniaceae) logging in Amazônia: sustainable management or catalyst for forest Degradation? **Biological Conservation**, v.141, p.2071-2085, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.003>

SCHLINDWEIN, C.; WESTERKAMP, C.; CARVALHO, A. T.; MILET-PINHEIRO, P. Visual signalling of nectar-offering flowers and specific morphological traits favour robust bee pollinators in the mass-flowering tree *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 176, p. 396–407, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12212>

SILVA; A. M.P.; PAIVA, S. R.; FIGUEIREDO, M. R.; KAPLAN, M. A.C. Atividade Biológica de Naftoquinonas de Espécies de Bignoniaceae. **Revista Fitos**, v. 7, n. 4, p. 207-215, 2012.

SILVA-JUNIOR, O. B.; GRATTAPAGLIA, D.; EVANDRO NOVAES, E.; COLLEVATTI, R. G. Genome assembly of the Pink Ipe (*Handroanthus impetiginosus*, Bignoniaceae), a highly valued, ecologically keystone Neotropical timber forest tree. **GigaScience**, v. 7, p. 1–16, 2018. **DOI:** <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix125>