

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA 'PAULA SOUZA'
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE MONTE MOR

LIVIA GABRIELI CÔRREA
SUELLEN ARAÚJO DA SILVA
VITÓRIA MENDES DE ARAÚJO

PROJETO MACAÚBA

**Avaliação do potencial antifúngico de produtos naturais no fungo *Aspergillus*
na palmeira Macaúba (*Acrocomia Aculeata*)**

MONTE MOR
2023

Livia Gabrieli Corrêa
Suellen Araújo da Silva
Vitória Mendes de Araújo

PROJETO MACAÚBA

**Avaliação do potencial antifúngico de produtos naturais no fungo
Aspergillus na palmeira Macaúba (Acrocomia Aculeata)**

Projeto apresentado na disciplina de Planejamento e Desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso em Administração como requisito básico para a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso do Novotec Administração.

Orientador (a): Prof.^a Dayane Cristina Abrantes
Coorientador (a): Mariana Sanitá

MONTE MOR
2023

Livia Gabrieli Corrêa
Suellen Araújo da Silva
Vitória Mendes de Araújo

PROJETO MACAÚBA
Avaliação do potencial antifúngico de produtos naturais no fungo
***Aspergillus* na palmeira Macaúba (*Acrocomia Aculeata*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
ETEC DE MONTE MOR como requisito para a
obtenção do título de Técnico em Administração.

Local: Rua Salomão Hadade Baruque, 1660, Monte Mor – SP, 13190208

Data inicial: 21 de maio de 2022

Data Final:

Assinatura dos estudantes: _____

Assinatura do orientador: _____

Foi pensando nas pessoas e na sustentabilidade que foi executado este projeto, por isso dedicamos este trabalho a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer a Deus, por ter nos guiado neste projeto de pesquisa com muita perseverança até o final.

A nossos pais por todo amor, carinho e apoio emocional em todos os momentos. A nossos amigos e colegas, pelos conselhos e contribuições, compartilhando dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Somos gratas pela confiança depositada pela nossa professora orientadora Dayane Abrantes durante a realização do projeto. A coorientadora Mariana Sanitá, por seu vasto conhecimento na palmeira Macaúba, e a Fernanda Maria que nos orientou em cada passo dos testes práticos. Obrigada por nos manterem motivadas e indicarem a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Em especial, agradecemos ao nosso antigo orientador Roney Staianov, que desde o início dedicou-se a nos incentivar e acreditar que seríamos capaz de superar obstáculos para realizar esta pesquisa.

Também queremos agradecer a Escola Técnica Estadual de Monte Mor, por nos oferecer essa oportunidade de aprendizado, ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pelo espaço onde foram realizados os testes em laboratórios e ao Projeto INOCAS, que nos forneceu todo o conhecimento sobre a palmeira e possibilitou que tivéssemos a honra de conhecer nossa coorientadora.

E por fim, mas não menos importante, agradecemos a nós mesmas, por nunca desistir e sempre enxergar uma luz no fim do túnel, sem o companheirismo e disciplina não seria possível colher os lindos frutos desse projeto.

RESUMO

A aplicação em larga escala de pesticidas para controlar fungos e doenças em plantações tornou-se uma prática comum dos agricultores nos dias de hoje, entretanto, a longo prazo o produto prejudica a natureza e a saúde dos seres humanos, em diversas situações o seu uso foi um risco para a contaminação de água, solo, fauna e flora. Em vista desse problema, o projeto tem como principal objetivo avaliar o potencial antifúngico de produtos naturais, como o óleo de tomilho branco, óleo de cravo da Índia, óleo de orégano, extrato de própolis e extrato de aroeira, a fim de amenizar o aparecimento do fungo de armazenamento *Aspergillus* no embrião presente nas sementes da palmeira Macaúba (*Acrocomia Aculeata*). A palmeira está presente nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia do país, considerada o novo ouro verde do Brasil pela sua relevância, o óleo de seu fruto está sendo estudado para a criação de biocombustíveis. A metodologia seguida foi a científica, com base em testes de laboratórios, onde testou-se a eficácia desses produtos como alternativas naturais de combate ao *Aspergillus*, com o desenvolvimento de uma película protetora que impeça a proliferação do fungo no embrião da semente da palmeira.

Palavras chaves: *Aspergillus* – *Acrocomia Aculeata* – Palmeira Macaúba – Sustentabilidade – Produtos naturais – Biofungicida

ABSTRACT

The large-scale application of pesticides to control fungi and diseases in crops has become a common practice among farmers today, however, in the long term the product harms nature and human health, in several situations its use was a risk for contamination of water, soil, fauna and flora. Faced with this problem, the main objective of the project is to evaluate the antifungal potential of natural products, such as white thyme oil, clove oil, oregano oil, propolis extract and mastic extract, to alleviate the appearance of storage fungus. *Aspergillus* in the embryo present in Macauba seeds (*Acrocomia Aculeata*). The palm tree is present in the Cerrado, Atlantic Forest and Amazon biomes of the country, considered the new green gold of Brazil due to its relevance, the oil from its fruit is being used to create biofuels. The methodology followed was scientific, based on laboratory tests, where these products were tested as natural alternatives to combat *Aspergillus*, with the development of a protective film that prevents the fungus from proliferating in the palm seed embryo.

Keywords: *Aspergillus* – *Acrocomia Aculeata* – Macaúba Palm – Sustainability – Natural products – Biofungicide

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferentes usos para matéria-prima vegetal.....	30
Figura 2 – Recuperandos extraíndo a semente de macaúba	36
Figura 3: Parte interna do fruto da Macaúba	39
Figura 4: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.....	41
Figura 5: Modelos de tratamento.....	43
Figura 6: - Separação das sementes	44
Figura 7: Mistura do produto com o Tween	44
Figura 8: Processo de banho das sementes	44
Figura 11: Sementes escarificadas.....	45
Figura 9: Processo de secagem	45
Figura 10: Sementes no papel filtro.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Impacto socioambiental do INOCAS	40
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Testes.....	45
-------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PALMEIRA MACÚBA (<i>Acrocomia Aculeata</i>).....	12
2.1 Importância da palmeira macaúba para famílias e pequenos agricultores	13
3 O INIMIGO DAS PLANTAÇÕES: FUNGO DE PÓS-COLHEITA	14
3.1 Consequências fúngicas do fungo de pós-colheita	15
3.2 Os diversificados tipos de fungo de armazenamento.....	16
4 ASPERGILLUS: O FUNGO DE PÓS-COLHEITA DESTRUIDOR DE PLANTAÇÕES	16
4.1 Classificação do gênero aspergillus.....	17
4.2 História do aspergillus: espécies e surgimento	18
4.3 Impactos das infecções por aspergillus: de simples contaminações a doenças mortais	19
4.4 Consequências do aspergillus na saúde da palmeira macaúba	20
5 AGROTÓXICOS	21
5.1 História do agrotóxico	23
5.2 Fungicidas.....	24
5.2.3 Benefícios do uso	26
5.2.4 Malefícios do uso	26
6 BIOFUNGICIDAS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTAVEL PARA O CONTROLE DE DOENÇAS FUNGICAS NA AGRICULTURA	26
6.1 Biofungicidas: atuação nas culturas, seus benefícios e malefícios	27
6.2 Impactos do uso de biofungicidas no combate ao gênero aspergillus	28
7 O USO DE PRODUTOS IN NATURA COMO BIOFUNGICIDA.....	29
7.1 Produtos naturais no combate ao fungo Aspergillus;	30
7.2 O uso do Óleo essencial de Tomilho no combate ao <i>Aspergillus</i> ;.....	31
7.3 O uso do Óleo essencial de Orégano no combate ao <i>Aspergillus</i> ;	31
7.4 O uso do Óleo essencial de Cravo da Índia no combate ao <i>Aspergillus</i>	32
7.5 O uso do Extrato de Própolis no combate ao <i>Aspergillus</i>	32
7.6 O uso do Extrato de Aroeira no combate ao <i>Aspergillus</i>	33
8 ENTREVISTA COM A COORIENTADORA E BIÓLOGA MARIANA SANITÁ.....	33
9 O PODER DA PALMEIRA MACAÚBA.....	34
9.1 Famílias	34
9.2 APAC.....	36

9.3 Biodiesel e bioquerosene	37
9.4 INOCAS	38
9.4.1 Impacto Socioambiental.....	40
10 EMPREENDEDORISMO SOCIAL	41
11 METODOLOGIA	42
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
12.1 Tabela da análise de resultados	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, é o detentor da maior diversidade biológica do mundo, com cerca de 30% da diversidade de fauna e flora conhecidas, mas apresenta poucas espécies nativas exploradas economicamente. Dentre as espécies subexploradas, muitas pertencem à família *Arecaceae*, plantas conhecidas popularmente como palmeiras. Ainda que pouco exploradas no Brasil, elas são conhecidas pelos diversos produtos que desenvolvem, desde alimentícios até farmacêuticos.

Na família, de espécies do gênero *Acrocomia* destaca-se a *Acrocomia Aculeata* (Palmeira Macaúba). A palmeira é amplamente distribuída na América Tropical, e está presente em maior escala em Patos de Minas. É uma espécie que se utiliza inteiramente, principalmente como matéria prima para fabricação de biodiesel e combustível biodegradável, no entanto, suas sementes seguem sendo atacadas por uma praga, conhecida como fungos de armazenamento, ou de pós-colheita, estes atuam se proliferando em sementes que são conservadas em estoque, fazendo com que tenham uma perda significativa de qualidade.

Existem inúmeros fungos de pós-colheita, o que se destaca nas plantações, e principalmente na palmeira Macaúba chama-se *Aspergillus*, um gênero de fungo pertencente à família *Trichocomaceae*, que predispõem coloração branca amarelada, é gerador de muitos problemas para os agricultores, tendo em vista o estrago que causa aos grãos, com a descoloração das sementes, alterações nutricionais e produção de odores.

Para erradicar o fungo presente nas sementes, os agricultores frequentemente recorrem ao uso extensivo de agrotóxicos, que são substâncias químicas sintéticas utilizadas para eliminar insetos, larvas, fungos e carrapatos. Isso é feito com o objetivo de controlar doenças transmitidas por esses organismos e regular o crescimento da vegetação. No entanto, é importante destacar que o uso inadequado ou excessivo desses produtos pode acarretar sérias consequências para o meio ambiente e para a saúde humana.

Com o objetivo de mitigar ou até mesmo eliminar a presença de fungos na cultura da macaúba de forma saudável, propomos a utilização de produtos naturais, óleos e extratos que detenham propriedades antifúngicas, e sejam de fácil aplicação para os agricultores.

2 PALMEIRA MACÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*)

Considerada uma das plantas mais antigas do mundo, estima-se que há mais de 2.000 espécies de palmeiras em todo o mundo, e cerca de 500 espécies estão no Brasil. Além de serem bonitas, elas possuem papel fundamental no ecossistema, fornecendo alimentos para a fauna silvestre e um meio de produção de frutos e outros insumos que movimentam a economia e cultura local.

A palmeira Macaúba, que possui o nome científico de *Acrocomia Aculeata*, pertence à família *Arecaceae*, podendo existir em diversos estados brasileiros, sendo encontrada com mais frequência nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O termo *Acrococomia* vem do grego “*Akron*” (uma) e “*Kome*” (cabeleira), o que insinua a coroa feita pelas folhas no topo da palmeira. Foi descrita primeiramente por Jacquin em 1963. Em 1824 foi inserida por Martius no gênero *Acrocomia*.

Apesar de não ser endêmica do Brasil, a palmeira que recebe diversos nomes como bocaiuva, mucajá, macaíba, coco-baboso e coco-de-espinho, está presente em diversas regiões do país: Norte (Amazonas, Pará, Roraima), Nordeste (Bahia, Maranhão, Piauí), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso) e no Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), segundo pesquisadores, ela pode ser encontrada em outras regiões da América, chegando até ao México.

A macaúba pode atingir até 15 metros de altura, elas são resistentes até a queimadas e secas. Algumas espécies possuem espinhos ao longo de seu caule e até mesmo nas folhas. Suas flores são agrupadas em cachos, e seus frutos são globosos, com polpa comestível de sabor adocicado, rica em glicerídeos e muito apreciada por humanos e pela fauna. É suma importância para a sobrevivência de muitas famílias em nosso país, é usado da raiz as folhas para a fabricação de diversos produtos, seu uso é muito benéfico para os povos da região, afinal a macaúba é considerada o novo ouro verde do Brasil.

Ela é usada de diversas formas e sem nenhum tipo de desperdício, seu tronco: madeira grossa e resistente, usado em construção; Broto: a partir deles é possível produzir palmito; Folha: Matéria-prima na confecção de fibras para linha, corda e rede; Talo da folha: possível produzir cestos e chapéus; Flores: utilizadas como enfeite; Raiz: usadas como ripas de madeiras; Espinho: acabam se tornando agulhas

para a tecelagem; Fruto: O fruto da macaúba contém betacaroteno, um antioxidante essencial para a saúde da visão, o fortalecimento da imunidade e o crescimento desenvolvimento dos ossos, além de suavizar rugas e linhas de expressão. Casca: possui teor de ferro, utilizado na alimentação infantil contra a desnutrição; poupa do fruto: aproveitada na área alimentícia para produção de óleos, auxilia nos cuidados contra envelhecimento e a baixa imunidade. Óleo da poupa: rico em ácido oleico e carotenoides, são utilizados na fabricação de biodiesel porque possuem partículas automotivas, na indústria alimentícia em margarinas, creme vegetal e óleo de mesa; Óleo da amêndoa: rico em substâncias nutritivas, utilizado para fabricação de cosméticos Biocombustíveis: Na polpa dos frutos encontra-se o ácido oleico, utilizado na fabricação do biodiesel.

A sua floração ocorre de abril a junho, e os frutos amadurecem em outubro a janeiro, alimentando a fauna – araras, cotias, capivaras, emas e antas – e movimentando a economia e cultura dos povoados ao seu redor, que obtém suas rendas da palmeira macaúba e suas variadas utilidades. A extração dos cocos já gera faturamento para famílias no norte de Minas Gerais, seu tronco pode ser usado para construção, a matéria prima de alguns chapéus e cestos são as suas folhas, e o espinho acaba se tornando agulhas para a tecelagem. Os frutos em geral possuem nutrientes importantes, tais como o betacaroteno, vitamina C e E, ômega 3,6 e 9; e a sua casca contém alto teor de ferro, podendo produzir diversos óleos naturais e inúmeros benefícios a saúde. Na polpa dos frutos encontra-se o ácido oleico, utilizado na fabricação do biodiesel.

2.1 IMPORTÂNCIA DA PALMEIRA MACAÚBA PARA FAMÍLIAS E PEQUENOS AGRICULTORES

Essa é uma palmeira que existe não só como mais uma planta, mas sim como uma chance de uma nova reinvenção de produtos, ela é considerada uma das matérias-primas mais promissoras para a produção de biocombustível. Alguns estudos apontam que ela pode ser usada como alternativa para substituir os combustíveis fósseis, no transporte terrestre e aéreo.

Desde 2006, os pesquisadores da Embrapa Cerrados têm realizado estudos de melhoramento genético da macaúba, de desenvolvimento de sistemas de produção,

de qualidade da matéria-prima e de processamento do óleo, estando também prevista a análise socioeconômica e de impactos ambientais. Os trabalhos não apenas buscam caracterizar espécies e selecionar genótipos mais produtivos, mas principalmente a adequação de sistemas de cultivo que tornem a palmeira uma fonte viável de matéria-prima para a produção de biocombustíveis como o biodiesel.

A macaúba tem se destacado como uma das espécies mais promissoras como fonte de óleo para o biodiesel e bioquerosene, cuja produção é crescente no Brasil. As principais fontes de matéria-prima para a produção dos biocombustíveis no País são o óleo de soja e a gordura bovina – no caso do biodiesel, representavam 74% e 20% em setembro de 2021, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

É uma palmeira com grande potencial de uso, sendo empregada para fins alimentares, cosméticos e energéticos, praticamente não deixando resíduos inaproveitáveis. Os frutos ou cocos são a parte economicamente mais importante da planta, podendo ainda ser consumidos como alimento. A macaúba começa a dar frutos por volta de cinco anos do plantio, podendo produzi-los até os 100 anos. O auge da produção, de acordo com pesquisadores da Embrapa Cerrados, se dá entre os meses de novembro e março. A madeira é usada na confecção de ripas e calhas de água. As folhas são utilizadas como forragem e fibras têxteis.

Com uma produtividade média geral de 114,1 kg/planta/ano, considerando as regiões avaliadas, a produtividade esperada é de pelo menos 45,6 toneladas/hectare de cachos para uma densidade de cultivo de 400 plantas/hectare. Se for considerada uma eficiência de 70% da extração, o rendimento bruto de óleo por prensagem do fruto fresco poderá atingir 4 toneladas de óleo/hectare/ano da polpa e 0,8 tonelada de óleo/hectare/ano da amêndoa.

3 O INIMIGO DAS PLANTAÇÕES: FUNGO DE PÓS-COLHEITA

A produção agrícola desempenha um papel essencial, quando se trata do fornecimento de alimentos para a população mundial, o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, ocupando o terceiro lugar no ranking mundial em produção de frutas frescas no ano de 2002 com 43 milhões de toneladas, apesar disso, a exportação de frutas frescas brasileiras tem crescido muito lentamente, pelo fato de que a agricultura brasileira enfrenta sérios problemas, especialmente de ordem

fitossanitária, nas fases de produção e pós-colheita, que limitam a sua inserção no mercado internacional. Isso acontece pois, após os frutos serem colhidos eles sofrem consideráveis perdas de qualidade e deterioração. A principal causa dessas ocorrências é a infestação de fungos ou bactérias.

Os fungos de pós-colheita ou armazenamento estão distribuídos em toda a natureza, eles são microrganismos fitopatogênicos que se apresentam nos frutos e verduras após a colheita, devido ao mal armazenamento, manejo incorreto ou transporte. A matéria orgânica presente nos produtos colhidos se torna alimentos para esses fungos, principalmente açúcares, amido e celulose, ou seja, todos os nutrientes presentes, degradando sua qualidade e em muitas vezes produzindo toxinas prejudiciais ao ser humano, os alimentos mais infestados por fungos de pós-colheita incluem frutas, vegetais, grãos, nozes e sementes. O mal armazenamento desses alimentos é a principal causa do desenvolvimento dos fungos, as condições se tornam extremamente favoráveis quando se tem uma umidade elevada, temperatura inadequada, falta de luz e ventilação. A pouca higiene apresentada nesse processo também favorece o surgimento desses microrganismos.

Há dois tipos de infecções que aceleram o aparecimento dessas podridões, a quiescente ou latente que é quando o fruto é infectado ainda ligado à planta mãe, mas só se manifesta após a colheita, ou melhor, durante o amadurecimento, esse tipo de infecção é causado por fungos do gênero: *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Lasiodiplodia* e *Botrytis*, e também a infecção imediata, quando os frutos infectados ou contaminados manifestam em pouco tempo os sintomas da doença, tem-se a infecção imediata, resultante do manuseio inadequado do fruto. Neste caso, as condições fisiológicas dele podem retardar, mas não inibir o desenvolvimento da contaminação. Os principais exemplos de fungos que causam a imediata na mangueira são *Aspergillus*, *penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* e *Rhizopus*.

3.1 CONSEQUÊNCIAS FÚNGICAS DO FUNGO DE PÓS-COLHEITA

São diversas as consequências ocasionadas por este fungo, danos mecânicos, mudanças físicas e fisiológicas que se dispõem ao ataque, de forma geral, inúmeros alimentos são deteriorados, causando perda de qualidade, sabor e valor nutricional. Além de inúmeras perdas econômicas, tanto para pequenos agricultores,

quanto a famílias dependentes dessas plantações. De modo geral as perdas pós-colheita são de difícil controle e têm sido responsáveis por grande porcentagem de perdas de produtos colhidos.

Segundo Benato (2002), as perdas em pós-colheita em frutos tropicais e subtropicais, na maioria dos países em desenvolvimento, oscilam entre 20% e 80%.

3.2 OS DIVERSIFICADOS TIPOS DE FUNGO DE ARMAZENAMENTO

Inúmeros são os tipos de fungos de pós-colheita existentes, alguns se destacam mais que outros, por serem causadores de doenças em frutas, os quais são *Aspergillus*, *Botrytis*, *Ceratocystis*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *fusarium*, *Geotrichum*, *Lasiodiplodia*, *Monilinia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Phytophthora* e *Rhizopus*.

Cada tipo detém uma característica curiosa, uma doença, uma perda de qualidade, um cheiro e uma aparência. O *Botrytis cinerea*: Causa mofo cinza em frutas, vegetais e flores, *Penicillium spp.*: Pode afetar uma variedade de produtos, incluindo frutas cítricas, maçãs e queijos, *Aspergillus spp.*: É conhecido por produzir aflatoxinas e afeta principalmente nozes, sementes e grãos, *Rhizopus spp.*: Causa mofo preto em frutas, como morangos e o *Fusarium spp.*: Pode afetar cereais e grãos, produzindo micotoxinas prejudiciais.

4 ASPERGILLUS: O FUNGO DE PÓS-COLHEITA DESTRUIDOR DE PLANTAÇÕES

O fungo *Aspergillus* é um organismo microscópico presente no reino Fungi, pertencente à família *Trichocomaceae*, Ordem *Eurotiales*, grupo dos *Hyphomycetose*. É amplamente distribuído em toda a natureza, se destaca por sua versatilidade metabólica e capacidade de colonizar diferentes substratos orgânicos. São considerados importantes agentes decompositores de alimentos, pois, contaminam restos de comidas e crescem em plantas e árvores, preferem normalmente locais ricos em oxigênio, visto que são espécies aeróbicas.

O *Aspergillus*, é um fungo de pós colheita, que ataca sementes conservadas em armazéns, moinhos ou silos, podendo também ser encontrado em matérias orgânicas em decomposição, alimentos e rações. Essa espécie é geradora de muitos problemas para os agricultores, detém uma grande importância econômica, tendo em

vista o estrago que causa aos grãos, com a descoloração das sementes, alterações nutricionais, produção de odores e presença de micotoxinas, e por fim deteriorando-os e impedindo sua germinação. No entanto, apesar de seus malefícios, possui características relevantes para sua utilização em processos alimentícios e farmacêuticos, na produção de bebidas, enzimas e ácidos orgânicos. O fungo produz em grande quantidade, esporos, que são pequenas e leves estruturas que possuem a capacidade de gerar um novo indivíduo, sendo invisíveis a olho nu e extremamente leves, podem resistir no ar por longos períodos, ou serem levados pelo vento ou animais, proliferando-se assim o fungo pelos grãos presentes no ambiente.

Costuma-se encontrar fungos dessa espécie em regiões de clima quente e pouca umidade e algumas podem produzir metabólitos secundários tóxicos, as micotoxinas, altamente nocivas para a saúde do homem e de animais, como a aflatoxina e a ocratoxina. Sua proliferação aumenta de acordo com a temperatura ambiente, normalmente, entre 30 e 40°C para a maioria dos fungos desse gênero. O gênero *Aspergillus* é composto por aproximadamente 270 espécies e possui distribuição cosmopolita, maioria das espécies é de ocorrência rara, porém, outras estão entre as mais comuns do planeta.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO GÊNERO ASPERGILLUS

O gênero *Aspergillus* pertence à família *Trichocomaceae*, Ordem *Eurotiales*, grupo dos *Hyphomycetos*, Reino Fungo e sub-reino *Dikaria*, se caracterizam pela formação de conidióforos. Os conidióforos são filamentos que sustentam os esporos chamados conídios. A forma de um conidióforo se assemelha a um pincel, com numerosas ramificações onde os conídios são produzidos. Essa estrutura é uma das principais características que tornam o gênero *Aspergillus* facilmente identificável.

Seus representantes reproduzem-se geralmente de modo assexuado através da produção de conídios, sendo chamados de anamórficos. No entanto, espécies como *Aspergillus nidulans* e *A. glaucus* apresentam também reprodução sexuada, produzindo corpos de frutificação (ascomas) e esporos sexuais (ascósporos), esta forma de reprodução “meiótica” pertencem à família *Trichomataceae* dos *Ascomycota* e são caracterizados pela formação de ascos que contêm os ascósporos. Os ascos estão dentro do ascocarpo, geralmente um cleistotécio

A classificação do gênero *Aspergillus* vem sendo estudada por muitos taxonomistas, ou seja, especialistas que desvendam a biodiversidade classificando os organismos encontrados em uma área, juntamente com botânicos, zoólogos e ecólogos. A primeira descrição deste gênero foi feita por Micheli (1729). A classificação dessas espécies vem sendo feita com base em características morfológicas, sendo as macromorfológicas que incluem a cor das colônias em vários meios de cultura, diâmetro da colônia, cor do reverso, produção de exsudatos e pigmentos solúveis, presença de esclerócios e cleistotécio. A caracterização micromorfológica está relacionada principalmente com a forma de seriação da cabeça conidial, o tamanho da vesícula, a morfologia de conídios, a presença de células Hülle e a morfologia dos esclerócios.

Depois desta primeira descrição, muitas espécies foram descritas por Church & Thom (1926) foram os primeiros a revisar o gênero *Aspergillus*, aceitando 69 espécies, divididas em 11 grupos, com base em características morfológicas. Thom & Raper (1945) incluíram 77 espécies no gênero, com 10 variedades em 14 grupos. Raper & Fennell (1965) descreveram 132 espécies pertencentes ao gênero *Aspergillus* e as subdividiram em 18 grupos, com base em características culturais e morfológicas, que foram reclassificados em seções pertencentes a seis subgêneros por Gams et al. (1985).

Apesar dos estudos e classificações realizadas, muitas novas espécies de *Aspergillus* surgiram, portanto, as variedades descritas desde 1965 foram alteradas, tanto classificação, quanto a nomenclatura. Atualmente, com a descoberta de novos conceitos, são aproximadamente 200 espécies do gênero, distribuídas por todo o mundo.

4.2 HISTÓRIA DO ASPERGILLUS: ESPÉCIES E SURGIMENTO

O gênero *Aspergillus* é um grupo diversificado de fungos filamentosos que existe há bilhões de anos na Terra, sua evolução segue acontecendo até os dias atuais. O primeiro registro catalogado dessa espécie foi no século XVII, pelo padre e cientista italiano Pietro Antônio Micheli.

Antônio dedicou-se a estudar este fungo durante anos, e pode observar que ele possuía estruturas semelhantes a pincéis, que mais tarde foram identificadas como conidióforos, que liberam esporos, conhecidos como conídios, a vista disso, o gênero

Aspergillus foi identificado e sua morfologia foi caracterizada. A origem do nome deste microrganismo deu-se ao momento que o italiano o assemelhou com a forma de um *Aspergillum* (borrifador de água benta, utilizado pela igreja católica), e nomeou a espécie dessa forma.

Com o passar dos anos este fungo teve uma imensa evolução, diversas espécies surgiram, hoje estima-se uma quantidade de 200 tipos distribuídas por toda a natureza, apesar de ser de ocorrência rara, é comum de se encontrar determinadas categorias em plantações. Ele é dividido em seções: *Flavi*, *Circumdati*, *Nigri*, *Restricti*, *Fumigati*, *Cervini*, *Clavati*, *Nidulantes*, *Flavipedes*, *Versicolores*, *Usti*, *Terrei*, *Candidi*, *Cremeri*, *Sparsi* e *Wentii*. Entre os principais tipos mais tóxicos destacam-se *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus* e *Aspergillus carbonarius*.

Manifestam-se com mais frequência e deterioram alimentos armazenados os tipos *A.Fumigatus* conhecido por ser um patógeno oportunista em seres humanos, podendo causar infecções pulmonares em pessoas com sistema imunológico comprometido; *A. Níger* utilizado na indústria para a produção de enzimas e ácido cítrico; *A.Flavus* conhecido por produzir aflatoxinas, que são substâncias tóxicas que podem contaminar alimentos e ração animal, representando um risco para a saúde humana e animal.

4.3 IMPACTOS DAS INFECÇÕES POR ASPERGILLUS: DE SIMPLES CONTAMINAÇÕES A DOENÇAS MORTAIS

O gênero *Aspergillus* detém uma extensa quantidade de espécies e utilidades, também possibilita inúmeros impactos, tanto benéficos, quanto negativos na saúde humana, animal, agricultura e indústria.

Uma das consequências mais significativas do microrganismo é a doença *Aspergilose*, uma infecção micótica que infecta seres humanos e animais, podendo ser aves de diferentes portes, até ocasionar a morte. Em seres humanos a doença manifesta-se sob a forma de infecções alérgicas como asma, Aspergilose broncopulmonar saprofítica, alveolite alérgica extrínseca e Aspergilose broncopulmonar alérgica, além de infecções superficiais como infecção cutânea, otomicose e sinusite. Afeta-se também pacientes com sistemas imunológicos comprometidos, como transplantados e pacientes com câncer. É considerada uma condição grave, muitas vezes fatal se não for tratada adequadamente.

Afetando não só os indivíduos, mas também aves, é considerada uma das principais causas de mortalidade desses seres, incluindo tanto as aves cativas como os animais que vivem livres. Algumas características anatômicas das aves as tornam mais susceptíveis a infecções do trato respiratório, tais como: a não existência de epiglote para prevenção de entrada de partículas no trato respiratório inferior, a falta de diafragma e a distribuição limitada de células ciliadas do sistema respiratório. Existem ainda infecções secundárias associadas a tecidos lesionados, tais como sinusite fúngica, que afeta os seios nasais e pode ser crônica em pacientes suscetíveis, ceratites e endoftalmites, infecções em tecidos que sofreram queimaduras, infecção de enxerto vascular e aspergiloma ou “bola fúngica”.

Além de ocasionar doenças, a associação fúngica tem sido apontada como uma das principais causas da perda da qualidade de sementes e grãos, durante o plantio e colheita, bem como no armazenamento e transporte. Os agentes causais mais comumente encontrados nesses grãos correspondem ao *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Cephalosporium* e *Stenocarpella*. A intensidade dos danos causados pelos patógenos às sementes depende do seu nível de infecção, das condições de beneficiamento e armazenamento, bem como das variáveis climáticas do local de plantio.

As perdas de grãos infectados é motivo de desvalorização do produto, afetando consequentemente a economia mundial, e uma ameaça à saúde dos rebanhos e humana. Como padrão de qualidade tem-se, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% a 8% para grãos podres. No Brasil, os relatos de fungos toxigênicos apontam a predominância do gênero *Aspergillus*, cujo normalmente ataca sementes e grãos de amendoim, aveia, pepino, café, feijão, milho, soja, trigo e Macaúba.

Entre os principais danos causados aos grãos está a diminuição do poder germinativo, o emboloramento visível, a descoloração, o odor desagradável, a perda de matéria seca, o aquecimento, o cozimento, mudanças químicas e nutricionais. A falta de germinação dessas sementes, destaca-se como principal problema, tendo em vista, que centenas de famílias e pequenos agricultores se beneficiam da renda das colheitas dos frutos.

4.4 CONSEQUÊNCIAS DO ASPERGILLUS NA SAÚDE DA PALMEIRA MACAÚBA

A palmeira *Acrocomia Aculeata* (Macaúba) é uma árvore nativa do Brasil e de outras regiões da América do Sul, presente em grande escala em Patos de Minas. Essa espécie desempenha um papel crucial na biodiversidade e na economia, uma vez que seus frutos são utilizados na produção de óleos, que possuem inúmeras aplicações, incluindo na indústria de biocombustíveis.

No entanto, a palmeira vem sofrendo uma série de infecções fúngicas, incluindo as causadas por algumas espécies do *Aspergillus*, que deteriora a semente, impedindo sua germinação. O fungo pode infectar a planta por meio da colonização dos tecidos vegetais, causando danos às folhas, raízes e frutos. Isso pode levar à redução da produção de frutos ou o não crescimento da palmeira e, em casos graves, à morte da planta.

O não crescimento da Macaúba, ocasiona uma ampla gama de problemas, a perda da renda para famílias e pequenos agricultores, os causando um prejuízo econômico significativo, à redução da qualidade nutricional das sementes, alteração do sabor e o odor, tornando-as desagradáveis ou inadequadas para consumo humano e animal. Além de afetar a qualidade do óleo produzido pelo fruto, reduzindo assim, o seu valor comercial e prejudicando a indústria de processamento de sementes de macaúba.

5 AGROTÓXICOS

Agrotóxicos são, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, produtos químicos, físicos ou biológicos utilizados nos setores de produção agrícola, pastagens, entre outros, com o objetivo de alterar a composição química tanto da flora quanto da fauna a fim de preservá-las. O uso está associado a problemas ambientais e de saúde, segundo pesquisas feitas por órgãos como a Organização Mundial da Saúde e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária. São também conhecidos como defensivos agrícolas, agroquímicos e pesticidas.

Os tipos de agrotóxicos estão associados à natureza da praga que será combatida, ao grupo químico à qual pertence, bem como aos danos relacionados ao meio ambiente e à saúde humana. Eles são classificados em: Inseticidas: Combatem insetos; Fungicidas: Combatem fungos; Herbicidas: Combatem ervas daninhas;

Desfoliantes: Combatem folhas indesejadas; Fumigantes: Combatem bactérias nos solos.

As produções agrícolas campeãs no uso de agrotóxicos foram, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg), em 2017, no pódio vem a plantação de soja, logo atrás a cana-de-açúcar, milho e algodão. Mostrando o quanto está sendo necessário a pausa no uso, já tem sido cada vez mais um uso contínuo.

Os agrotóxicos no Brasil recebem em seu rótulo uma classificação toxicológica, ou seja, descrevem o potencial de risco dos defensivos agrícolas à saúde humana. Essa classificação é feita por meio da diferenciação de cores e por meio da dose de letalidade de cada um. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) classifica-os em quatro classes: Extremamente tóxicos, indicados pela cor vermelha; altamente tóxicos, indicados pela cor amarela; medianamente tóxicos, indicados pela cor azul; pouco tóxicos, indicados pela cor verde.

O Brasil é considerado uma das maiores potências no setor agropecuário do mundo, em paralelo, o país também se encontra no topo quando o assunto é comercialização de agrotóxicos. De acordo com a Revista Pesquisa Fapesp, a comercialização dos defensivos agrícolas no Brasil movimenta cerca de US\$ 10 bilhões por ano.

Houve também um expressivo aumento no uso entre os anos de 2010 e 2017. No ano de 2017, foram usados no Brasil cerca de 540 mil toneladas de agroquímicos, aproximadamente 50% a mais que em 2010 segundo informações divulgadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Mas é válido ressaltar que apesar do grande comércio de agrotóxicos no país, o seu uso por hectare é baixo em relação a outros países, sendo possível concluir que a produtividade do Brasil é elevada e o uso de agrotóxicos por área produzida torna-se baixo.

É possível dizer que o uso de agrotóxicos no Brasil está relacionado principalmente a fatores climáticos, visto que o país possui clima tropical em maior parte do seu território. Sendo assim, não há períodos de baixas temperaturas em algumas regiões, favorecendo o ciclo de pragas e doenças. Outro fator relevante ligado ao uso de agrotóxicos é a questão da evolução tecnológica ocorrida no campo. Os instrumentos empregados atualmente no setor agropecuário favoreceram o aumento da produtividade e para isso é preciso um controle maior dos possíveis danos

a uma lavoura. A prática da monocultura também propicia o uso de agrotóxicos, porque também favorece o ciclo de pragas e doenças.

É válido ressaltar que o uso de agrotóxicos no Brasil é regulado por uma lei - Lei de Agrotóxicos nº 7.8022, de 1989 – com isso, há restrições a quem utiliza, porém, essa lei foi revogada em 2018 por um projeto aprovado na Câmara pelo deputado Luiz Nishimori. O projeto prevê a liberação de determinados agrotóxicos pelo Ministério da Agricultura não deixando claro qual o poder de atuação de órgãos como o Ibama e Anvisa. Pode-se dizer então que as alterações na lei de certo modo passaram a flexibilizar as regras de produção, comercialização e distribuição de agrotóxicos.

No início de 2019, o Ministério da Agricultura aprovou o registro de agrotóxicos de elevada toxicidade. Foram registrados no Brasil cerca de 450 agrotóxicos. Desses, apenas 52 apresentam baixa toxicidade. A Anvisa manifestou que agrotóxicos banidos em países como China, Estados Unidos e países da União Europeia têm atualmente como principal destino o Brasil. Aqui são usados pelo menos dez produtos banidos nesses países. Essa flexibilização em torno do uso de agrotóxicos foi e é motivo de diversos debates entre ambientalistas e diversos órgãos que criticam a permissividade do governo brasileiro em relação ao uso de agrotóxicos. Do outro lado, encontram-se os ruralistas, que acreditam ser inevitável a utilização dos defensivos agrícolas, visto que a produtividade brasileira no setor de produção agrícola depende do uso dessas substâncias.

5.1 HISTÓRIA DO AGROTÓXICO

Com o rápido aumento da população mundial nos últimos séculos, a demanda por alimentos resultou em uma explosão de produtos que visam gerar benefícios aos produtores na agricultura e pecuária. Existem diversos riscos no cultivo de plantas que podem resultar em prejuízo ao invés de lucro, dentre esses prejuízos podemos citar as pragas, doenças e plantas daninhas, que podem reduzir totalmente a produtividade de uma lavoura. Os agrotóxicos, conhecidos também como agroquímicos, defensivos ou pelo termo popular "veneno", são produtos que possuem o objetivo de reduzir estes problemas, garantindo a continuidade da produção.

Durante as guerras mundiais foram desenvolvidos diversos venenos artificiais orgânicos a base de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro, além de conter metais pesados como arsênio, selênio, mercúrio e chumbo. Com a guerra, milhares de

fórmulas foram testadas por indústrias químicas como armas de guerra químicas (para matar seres humanos), antes de serem usadas na agricultura.

Após o fim das guerras, houve uma sobra desses produtos, começando a ser testados em pragas agrícolas. A maioria dos produtos possuíam baixo custo, facilitando a disseminação. Além disso, no Brasil, diversas máquinas e equipamentos recebiam incentivos fiscais: eram livres de impostos de consumo, as importações eram isentas de taxa e os impostos dos produtos nacionais eram reduzidos. Até aviões para pulverização de agrotóxicos eram livres de impostos de importação, e o governo incentivou a instalação de grandes indústrias estrangeiras no país.

Diversas empresas químicas estrangeiras que enfrentavam restrições na legislação de seus países de origem encontraram no Brasil um "paraíso" para a produção de insumos químicos. Entre 1976 e 1981, a produção nacional de agrotóxicos aumentou de 17 mil toneladas para 43 mil toneladas.

5.2 FUNGICIDAS

Por definição, fungicidas são substâncias químicas / sintéticas, agentes biológicos e substâncias naturais que protegem as plantas cultivadas de doenças causadas por fungos, matando, dificultando a infecção ou inibindo seu desenvolvimento, reduzindo os danos e as perdas causadas. 65% das doenças de plantas são causadas por fungos.

Para conter o desenvolvimento de fungos patogênicos nas lavouras, aumentar o período de armazenagem e a qualidade do produto e das plantas colhidas são utilizados produtos específicos: os fungicidas.

Estima-se que se os fungicidas não fossem utilizados no mundo inteiro, haveria uma redução de 7,3% da produtividade das culturas (MENTEN & BANZATO; 2016). Para o Brasil, que possui clima tropical com altas temperaturas e precipitações o problema certamente seria maior. O controle químico dos fungos é, portanto, uma medida eficiente e economicamente viável para garantir altas produtividades e a qualidade da produção agrícola.

Quantos fungicidas existem hoje no mercado? Uma grande variedade de fungicidas estão disponíveis no mercado, com diferentes ingredientes ativos e finalidades de uso. De acordo com dados do AGROFIT, existiam no mercado brasileiro em 2021 o registro de, 88 ingredientes ativos de fungicidas químicos (e um

total de 639 produtos formulados); 9 fungicidas biológicos (e um total de 60 produtos formulados); 1 ativador de resistência (e 1 produto formulado).

De acordo com estudo da revista britânica *Nature*, as doenças fúngicas provocam, a cada ano, a destruição de, pelo menos, 125 milhões de toneladas de alimentos em cinco atividades agrícolas: soja, arroz, milho, trigo e batata. Se a agricultura não tivesse que enfrentar prejuízos provocados por diferentes tipos de fungos, acredita-se que seria possível alimentar mais de 600 milhões de pessoas ao redor do mundo. No Brasil, a principal cultura agrícola do país, a soja, tem enfrentado grande problema com uma doença causada por um fungo: a ferrugem-asiática, que tem demandado um custo anual, para o seu controle, de cerca de US\$ 2 bilhões.

Os fungicidas contêm uma certa classificação, de acordo com a sua composição química:

- **Fungicidas protetores ou de contato**

São efetivos somente se aplicados antes da ocorrência da penetração do patógeno no hospedeiro, impedindo ou reduzindo as chances de ocorrência da doença. Quando são aplicados à superfície dos órgãos vegetais, agem como uma barreira protetora, prevenindo a penetração de fungos pela inibição da germinação. Não penetram na planta, permanecendo no local de aplicação. Desse modo, a maioria, desses compostos não tem ação sobre os tecidos que crescem após a aplicação. Tem ação restrita à proteção e não tem efeito após a infecção da planta.

- **Fungicidas sistêmicos**

Os fungicidas sistêmicos agem de forma mais profunda, infiltrando-se em folhas, caules e sementes, e combatem fungos que já estejam atacando o interior de uma cultura. Além de eliminar os fungos que atacam a parte interna, os sistêmicos, quando degradam, geram resíduos que atingem os invasores, impedindo o retorno da infecção. O que se espera de um fungicida sistêmico é a ação rápida, mesmo à distância, do local de aplicação, além da persistência da ação no interior da planta.

- **Fungicidas erradicantes**

Atuam diretamente sobre o patógeno, eliminando-o da superfície de partes da planta ou do solo. Podem ser protetores e ter ação erradicante. Há três casos em que os fungicidas podem ter ação erradicante eficiente; no tratamento do solo; no tratamento de sementes; e no tratamento de inverno, com plantas de clima temperado que entram em repouso vegetativo.

Esse tipo de fungicida é o que mais se aproxima da nova versão que o Projeto Macaúba tem a projeção de realizar, se tratando de uma espécie de biofungicida protetor, que impeça o contado do fungo *Aspergillus* na semente da palmeira.

5.2.3 Benefícios do uso

- Não precisa de muitos aditivos, é um produto mais simples
- Não afeta a saúde humana de forma significativa
- Tem uma ação preventiva
- Trata as doenças mais difíceis sem causar danos
- Não afeta o fruto da produção

5.2.4 Malefícios do uso

- Afeta o metabolismo das plantas
- Se aplicado de forma constante, acaba com o cultivo
- O foco em apenas um patógeno pode causar o aumento de outros
- Podem afetar atividades microbianas do solo
- Possui um estímulo biológico muito grande em outros patógenos

6 BIOFUNGICIDAS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTAVEL PARA O CONTROLE DE DOENÇAS FUNGICAS NA AGRICULTURA

Atualmente um dos meios mais utilizados para a diminuição da infestação por fungos é o tratamento com agrotóxicos nas etapas de pré e pós-colheita, cujos resultados são contestáveis, devido à resistência adquirida pelos micro-organismos, ocasionando danos severos ao meio ambiente e prováveis danos à saúde. O controle dessas pragas é de grande preocupação aos pequenos e grandes agricultores, pois, esses produtos são altamente tóxicos para as plantas e para o solo, principalmente em grandes quantidades. A vista disso, alternativas foram desenvolvidas, como o uso de biofungicidas, que são produtos de origem biológica, criados a base de extratos ou óleos de plantas medicinais com propriedades antimicrobianas e antifúngicas.

Os biofungicidas são produtos biológicos derivados de microrganismos, sendo bactérias ou fungos eficientes e benéficos, podendo também ser extraídos de plantas ou extratos. Os microrganismos eficientes são seres muito pequenos que vivem naturalmente em solos férteis e em plantas, que ajudam a combater outros fungos ou

bactérias que podem atrapalhar o desenvolvimento de uma plantação. Eles tiveram mais reconhecimento no início do século XX, com a descoberta do fungo *Bacillus subtilis* e *Trichoderma spp.*, que marcaram o início da pesquisa científica sobre biofungicidas.

O número de defensivos biológicos registrados no Mapa vem avançando. Hoje, são 265 produtos registrados, entre bioacaricidas, bioinsecitidas, biofungicidas e bioformicidas, o crescimento desse setor se dá por uma série de motivos, podendo citar a crescente preocupação com a saúde humana e ambiental, demanda por alimentos orgânicos e o aumento de novos biofungicidas mais eficazes.

Segundo Croplife Brasil, associação que representa as indústrias de desenvolvimento e inovação nas áreas de biotecnologia e biodefensivo, em 2019, o mercado de biodefensivos nacional movimentou R\$ 675 milhões, crescimento da ordem de 15% em relação a 2018, e acima da média estimada de crescimento internacional. Ainda, em relação a associação, em 2018, o setor realizou uma pesquisa, envolvendo usuários de biológicos em 15 estados e em 11 culturas diferentes. A conclusão foi que 96% dos pesquisados acreditam que o uso (taxa de adoção) de biodefensivos irá crescer nos próximos cinco anos.

6.1 BIOFUNGICIDAS: ATUAÇÃO NAS CULTURAS, SEUS BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS

A utilização dos biofungicidas é diversificada, podendo ser aplicados no tratamento de sementes e pulverizados diretamente na cultura. No momento em que o produto entra em contato com a planta contaminada ou com o seu patógeno, é iniciado o processo de controle e combate da doença presente no local, o controle pode ser realizado em duas formas, sendo a ação direta, onde o agente biológico produz substâncias antibióticas e antifúngicas que impedem o progresso, infecção e reprodução da doença no hospedeiro, além da ação indireta, cujo agente biológico estimula a planta a se defender sozinha.

O uso de todo e qualquer produto direcionado ao combate de fungos e bactérias possuem riscos, especialmente em relação a sua aplicação. A utilização dos biofungicidas em pequenas plantações apresenta malefícios como a má eficiência, comparado aos fungicidas químicos, principalmente em condições adversas, como clima quente e úmido, eles possuem um preço mais elevado no mercado, menor

validade e poucas pesquisas nessa área de trabalho, dificultando o desenvolvimento de novos e melhores produtos.

Pensando nos benefícios que eles proporcionam, podemos citar a segurança dos seres humanos, levando em consideração que são menos tóxicos ao meio ambiente em comparação aos outros tipos, a contaminação do solo, água e alimentos produzidos é reduzida ao extremo.

6.2 IMPACTOS DO USO DE BIOFUNGICIDAS NO COMBATE AO GÊNERO ASPERGILLUS

Os fungos de pós-colheita representam uma ameaça significativa à qualidade e à segurança de alimentos armazenados, podendo ocasionar diversos danos às frutas, vegetais e grãos, impedindo o seu consumo. Os biofungicidas desempenham um papel vital na prevenção e no controle desses fungos, oferecendo uma alternativa mais segura e sustentável aos fungicidas químicos. Eles podem inibir o crescimento de fungos de pós-colheita de várias maneiras, incluindo competição por recursos, produção de metabólitos antifúngicos e ativação das defesas das plantas. Além de apresentar menos riscos à saúde humana e ambiental

A aplicação do produto no fungo *Aspergillus* atua de diferentes maneiras, podendo mencionar a competição, onde os microrganismos benéficos competem com o este fungo por nutrientes e espaço, impedindo o seu crescimento, a patogenicidade, cujo os microrganismos benéficos produzem substâncias tóxicas que matam ou inibem o crescimento do fungo *Aspergillus*, além da indução de resistência, que se tem o objetivo dos microrganismos benéficos estimularem as plantas a produzirem substâncias que as protejam contra o ataque do fungo.

Alguns dos biofungicidas mais utilizados no *Aspergillus* são o *Pseudomonas fluorescens* que é uma bactéria que compete com esse fungo por nutrientes; *Bacillus subtilis* é um dos biofungicidas mais eficazes no controle do *Aspergillus*, se trata do desenvolvimento de uma bactéria que produz substâncias antifúngicas que inibem o seu crescimento. E o *Trichoderma harzianum*, um fungo que gera substâncias tóxicas que matam ou inibem o seu crescimento.

7 O USO DE PRODUTOS IN NATURA COMO BIOFUNGICIDA

Considerada uma das formas mais antigas de práticas terapêuticas, as plantas são utilizadas como remédios naturais ao redor do mundo com muita frequência até os dias de hoje. O contato com a prática é passado de geração em geração, através dos saberes populares, para rituais ou cura de enfermidades, já que é mais provável encontrar atividade biológica nessas plantas do que em plantas escolhidas aleatoriamente (Filhos & Yunes, 1998). A Organização Mundial da Saúde, define plantas medicinais como “todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos ou que sejam precursores de fármacos semissintéticos” (OMS, 1998).

Um dos primeiros registros médicos, do Museu da Pensilvânia, de meados 2.100 a.C. possui coleções de fórmulas de trinta diferentes drogas de origem vegetal, animal ou mineral (Duarte, 2006). Em 500 a.C, um texto Chinês relata sobre plantas medicinais os nomes, doses e indicações de uso de plantas para o tratamento de doenças (Duarte, 2006).

As atividades biológicas de uma planta medicinal, que podem ser antifúngicas, antimicrobianas, anti-inflamatórias, analgésicas, antioxidantes, entre outros (Filhos & Yunes, 1998), derivam dos princípios ativos presentes em diferentes partes da planta – sementes, caule, raízes, flores, frutos e folhas – sendo eles encarregados pela resposta fisiológica em organismos vivos (Philipson, 2001 apud Rocha et al., 2021).

Com os avanços de pesquisas, surgem novos produtos farmacêuticos com composições naturais, de acordo com Nogueira et al. (2010, apud Rocha et al., 2021), 77,8% dos agentes anticancerígenos são originários de produtos naturais, apresentando-se, um mercado promissor para investimentos e estudos.

Em 2006, foi criado a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, que tem como um dos objetivos “Promover a inclusão da agricultura familiar nas cadeias e nos arranjos produtivos das plantas medicinais, insumos e fitoterápicos”.

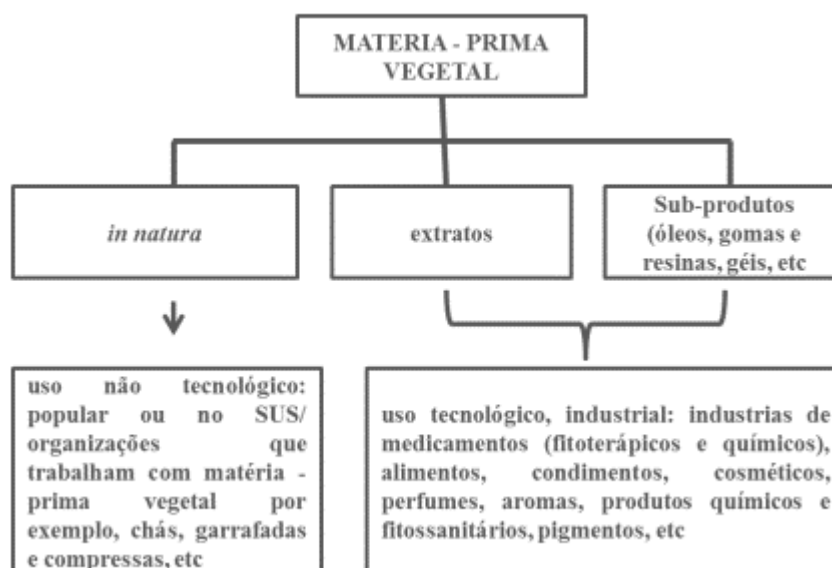
Com o foco em sustentabilidade, aproveitamento da biodiversidade deste país e crescimento econômico do qual o uso de produtos naturais pode ofertar-nos, França (2014) relata

Entende-se que o Brasil, com seu amplo patrimônio genético e sua diversidade cultural, possui nelas a oportunidade singular para estabelecer um modelo de desenvolvimento próprio na área de saúde, no uso de plantas medicinais e de fitoterápicos, que priorize a sustentabilidade dos componentes da biodiversidade e respeite os princípios éticos e

compromissos internacionais assumidos, como por exemplo, na Convenção Sobre a Diversidade Biológica (CDB), e assim, promover a geração de riquezas com inclusão social preconizados recentemente no Plano Brasil Maior.

As propriedades das substâncias produzidas por plantas estão presentes em seus extratos e óleos, países que possuem uma flora diversificada, tal como o Brasil, com uma longa e rica tradição indígena na utilização de plantas medicinais com fins antibacterianos ou antifúngicos, conta com estudos que mostram a eficácia de tais produtos (Duarte, 2006).

Figura 1 – Diferentes usos para matéria-prima vegetal



Fonte: FRANÇA, Everaldo. 2014

No Brasil, afere-se que aproximadamente 0,5% de espécies vegetais foram testadas para estudos de suas propriedades ativas. Reforçando que, apesar de uma farta natureza, com variedades de plantas, o potencial brasileiro para esse recurso é pouco explorado economicamente (França, 2014).

7.1 PRODUTOS NATURAIS NO COMBATE AO FUNGO ASPERGILLUS;

Felizmente, na literatura há muitas pesquisas de plantas que possuem atividades inseticidas, e muitas que precisam ser estudadas para serem introduzidas como uma alternativa sustentável de controle de fungos, bactérias e outras pragas (Menezes, 2005 apud Corrêa, 2011).

Diferente dos agrotóxicos, as substâncias bioativas das plantas, que podem ser exploradas na sua forma em óleo essencial ou extrato, não contaminam o solo ou a água, e não são prejudiciais à saúde humana, sendo muitas vezes, biodegradáveis e com baixa ou nenhuma toxicidade a animais. (Kim et al., 2003 apud Corrêa, 2011).

De acordo com Corrêa (2011 apud Isman, 2000)

As mais recentes investigações em vários países confirmam que alguns óleos essenciais de plantas têm não apenas a capacidade de repelir insetos, mas apresentam também ação inseticida através do contato direto ou pelas vias respiratórias dos insetos. Alguns apresentam ainda ação fungicida contra alguns patógenos importantes de plantas (Isman, 2000)

7.2 O USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE TOMILHO NO COMBATE AO *ASPERGILLUS*;

O tomilho (*Thymus vulgaris*) é uma planta aromatizante utilizada para dar sabor e aroma a receitas, conhecida por possuir propriedades relaxantes, antifúngicas, anti-inflamatórias e antibacterianas. A planta possui os seguintes componentes: *timol* – possui aroma medicinal, com potencial antisséptico; *carvacrol* – eficaz contra infecções antibacterianas; e *borneol* – possui qualidades expectorantes.

Centeno (2010) conclui sobre sua pesquisa que,

Os resultados aqui obtidos demonstram que os extratos de *Rosmarinus officinalis* e *Thymus vulgaris* possuem propriedades antifúngicas contra *Aspergillus flavus* e *A. ochraceus* e podem ser utilizados como alternativa para a descontaminação de alimentos contaminados por fungos.

Da mesma forma, Kumar et al. (2008), também observaram fortes efeitos inibitórios de extratos oleosos de *T. vulgaris* sobre *A. flavus* (apud CENTENO et al., 2010).

7.3 O USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO NO COMBATE AO *ASPERGILLUS*;

O óleo de orégano, cujo nome científico é *Origanum vulgare*, contém inúmeros benefícios antibacteriano e antifungicida, utilizado como antibióticos em animais e conservante natural. Os compostos ativos são diversos, o *carvacrol*, responsável por inibir o crescimento de bactérias; *fénóis* são entre 80 a 98%, possuem atividade antimicrobiana e antioxidante (Kabouche et al., 2005).

Autores acreditam na atividade antimicrobiana do óleo essencial de orégano, principalmente pelo fato de terem o *carvacol* e o *timol* como componentes majoritários (Kabouche et al., 2005).

Cleff et al. (2008) e Hollenbach (2013, apud Osório et al. 2019) testaram a toxicidade do OE em ratos (*Rattus norvegicus*), e determinaram que o produto a 3% não é tóxico para o organismo.

Segundo Osório et al. (2019),

O óleo essencial de orégano utilizado no estudo apresentou *4-terpineol*, *hidrato de sabinene* e *timol* como componentes majoritários. Todos os isolados de *A. fumigatus*, *A. flavus* e *A. niger* apresentaram sensibilidade a esse óleo essencial, que demonstrou atividade fungicida e fungistática, com CIM 90 e CIM máxima de 450mg/mL (3%).

7.4 O USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO DA ÍNDIA NO COMBATE AO ASPERGILLUS.

O óleo de cravo da Índia, com nome científico de *Syzygium aromaticum*, é um pequeno arbusto com folhas. Tem sido utilizado na medicina, nos tratamentos de doenças, além da culinária, desde a antiguidade e o principal componente dele é o *eugenol* que apresenta propriedades potenciais de nematocida, bactericida e fungicida (DEUS, ALVES e ARRUDA, 2011 apud Lima et al., 2014), a atividade desse componente é maior contra fungos se comparado a bactérias (Rana et al., 2011)

Em estudos já houve a comprovação que o óleo essencial de cravo-da-Índia inibiu o crescimento de *A. flavus* (Lima; Ribeiro; Bonaldo, 2014)

7.5 O USO DO EXTRATO DE PRÓPOLIS NO COMBATE AO ASPERGILLUS

A própolis é uma mistura de substâncias que as abelhas coletam das plantas, elaboram e depositam em seus ninhos, com o objetivo de fechar a colmeia. Dentro dela possui algumas substâncias que demonstram ações anti-inflamatória, antimicrobiana e antifúngica. Além de deter potencial para ser utilizada no controle de ferrugem do cafeeiro.

Ela é considerada uma alternativa sustentável ou controle alternativo dos plantios, tanto do ponto de vista econômico como da eficácia farmacológica, é uma matéria de fácil obtenção e custo acessível, e apresenta propriedades farmacêuticas.

Em seus estudos sobre o extrato de própolis, Souza et al. (2017) afirmou,

O extrato de própolis na dose de 25% proporcionou interferência no desenvolvimento do fungo *Aspergillus sp* impedindo a sua proliferação, como também não afetou a qualidade fisiológica de sementes de pepino.

7.6 O USO DO EXTRATO DE AROEIRA NO COMBATE AO *ASPERGILLUS*

A *Schinus molle*, conhecida pelos nomes populares de aroeira-salso, aroeira-mole ou pimenteira-bastarda, é uma árvore nativa da América do Sul, com altura entre 4 a 8 metros. É uma planta medicinal pouco citada na literatura, aplicada principalmente como agente antibacteriano, antisséptico e analgésico (Giuffrida et al., 2020; Tlili et al., 2018 apud Morales-Rabanales et al., 2022)

O extrato das folhas de *S. molle* mostrou-se 100% antifúngico para os fungos *A. flavus* e *A. niger*. O mesmo não ocorreu com o fungo *A. fumigatus*, que apresentou 44% de inibição do seu crescimento, mostrando-se mais resistente ao extrato de *Schinus molle*.

Sobre sua pesquisa, MENEZES FILHO et al. conclui que,

os OEs de *S. molle* possuem alta eficácia de inibição do crescimento para *A. flavus*, *A. niger* e intermediário para *A. fumigatus* em testes in vitro em diferentes concentrações de OE nas folhas e caules.

8 ENTREVISTA COM A COORIENTADORA E BIÓLOGA MARIANA SANITÁ

Nosso referencial teórico, cujo refere-se a busca por informações pertinentes a palmeira Macaúba, fungo de pós colheita e ao *Aspergillus* foi por meio de sites, artigos e uma entrevista com a bióloga Mariana Sanitá Rodrigues, atual coorientadora do Projeto Macaúba, graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (concluído em 2015) e mestrado pelo programa de pós graduação em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), (concluído em 2021).

Hoje Mariana trabalha como Analista de Produção de Mudas, para o INOCAS - Soluções em Meio Ambiente S.A., em Tempo integral. Suas principais atividades no laboratório são conduzir e aprimorar o processo de germinação de sementes da espécie *Acrocomia Aculeata* (macaúba), bem como auxiliar na coordenação da

produção de mudas. Conhecemos essa mulher incrível por meio do nosso antigo coorientador, Caléo Panhoca, ambos trabalhavam juntos no INOCAS.

No dia 27 de abril de 2023 realizamos nossa primeira entrevista com a analista, foi online, com o intuito de que algumas dúvidas fossem esclarecidas, além de nós e a mesma nos conhecermos, mencionamos o objetivo da nossa pesquisa, como foram realizados os primeiros testes, no ano de 2022, e dúvidas sobre o fungo na Palmeira. Contando sobre o projeto ela mencionou que ele detém grande potencial, pelo fato da macaúba ser uma palmeira capaz de reflorestar a natureza.

Inúmeras informações foram passadas a nós, a quebra da semente de Macaúba foi uma delas, um detalhe que foi bastante questionado em uma das feiras científicas que apresentamos, e não sabíamos dizer e nem mesmo encontrar tal informação, a dormência das sementes são feitas por escarificação mecânica, existe outros tipos, mas para a Bocaiuva é essa, e após a quebra da dormência são 30 dias até acontecer sua germinação, ao longo desse período a semente fica suscetível a adquirir vários tipos de fungos.

O processo antecedente a germinação ocorre por etapas, primeiro a escarificação, depois as sementes são colocadas em bandejas com papel de germinação, devem ser bem humedecidas, dia sim, dia não, durante um mês. Um fato intrigante é que após os frutos da palmeira serem colhidos eles não ficam armazenados em silos, cestos ou barris, como de costume, são apanhados, sua casca, fruto e endocarpo são removidos, até chegar na semente, tal processo é realizado pelos detentos de uma prisão humanizada. Logo depois de todo trabalho, as sementes são levadas diretamente aos laboratórios para realização de todo procedimento, até germinarem e serem plantadas.

9 O PODER DA PALMEIRA MACAÚBA

9.1 FAMÍLIAS

A palmeira macaúba, desempenha um papel fundamental na vida das famílias ribeirinhas e dos extrativistas em diversas regiões do Brasil e em partes da América Latina. Sua importância é significativa e abrange aspectos econômicos, sociais e

ambientais, já que pode ser usada da raiz as folhas, tem variadas funções passando um auxílio a todas as famílias, podendo de forma variada ser:

1. Fonte de sustento econômico:

Óleo de amêndoa: Ela é extremamente reconhecida pela produção de óleo, que pode ser extraída das amêndoas de seus frutos. Esse óleo possui uma composição rica em ácidos graxos, sendo uma matéria-prima valiosa para a indústria de cosméticos, biodiesel e produtos de cuidados pessoais. As famílias muitas vezes dependem da venda deste petróleo para sua subsistência, criando uma fonte de renda significativa. Utilizados no setor alimentício, o coco macaúba gera renda para mais de 400 famílias e 3 mil pessoas de forma indireta, a cooperativa mineira de Agricultores Familiares e Agroextrativista Ambiental do Vale do Riachão (Cooper Riachão) – pioneiros na atividade – faturou em 2016, R\$ 260 mil com a venda de produtos do coco macaúba, tornando os pequenos produtores rurais independentes de programas governamentais de transferência de renda.

2. Segurança Alimentar:

Frutos comestíveis: Além do óleo, os frutos da macaúba também são comestíveis. As amêndoas podem ser consumidas na forma de castanhas, ou o óleo pode ser utilizado para fins culinários. Isso contribui para a segurança alimentar das comunidades que a utilizam como sustento na mesa diária.

3. Uso sustentável dos recursos naturais:

A macaúba é uma espécie nativa, o que torna uma opção de uso sustentável de recursos naturais para as comunidades ribeirinhas e extrativistas. Ela cresce de forma selvagem em muitas áreas e não requer grande investimento em cultivo ou manutenção.

4. Conservação da biodiversidade:

A preservação da palmeira macaúba e do seu habitat natural é essencial para a manutenção da biodiversidade nas regiões ribeirinhas. A macaúba serve como um exemplo de como é possível obter benefícios econômicos enquanto se protege o meio ambiente. Tem-se como um ótimo exemplo o grupo INOCAS que em 4 anos não houve nenhum desmatamento, muito pelo contrário, a principal ideia é aumentar as nossas florestas.

5. Desenvolvimento sustentável:

A exploração da macaúba pode ser feita de maneira sustentável, promovendo o desenvolvimento econômico das comunidades ribeirinhas sem prejudicar os

recursos naturais. Isso contribui para a melhoria das condições de vida das famílias e a redução da pobreza em regiões onde Macaúba é uma atividade econômica importante.

Portanto, a palmeira macaúba desempenha um papel crucial na subsistência e no bem-estar das famílias ribeirinhas e dos extrativistas, proporcionando não apenas uma fonte de renda, mas também promovendo a conservação ambiental, a segurança alimentar e o fortalecimento das tradições culturais locais. É essencial promover práticas de sustentabilidade e investir no desenvolvimento dessas comunidades para garantir que a importância da macaúba continue sendo reconhecida e valorizada.

9.2 APAC

A APAC - Associação de Proteção e Assistência aos Condenados- é uma organização não governamental que tem como objetivo promover a humanização e a ressocialização de detenções, proporcionando um ambiente mais digno e oferecendo oportunidades de reintegração social. É conhecida por seu trabalho inovador na administração de unidades prisionais, que difere do modelo tradicional de presídios. A abordagem da APAC é baseada em princípios fundamentais, como a valorização da vida, o respeito aos direitos humanos e a promoção da cidadania.

No contexto da produção de mudas da palmeira macaúba e seu envolvimento com o INOCAS – *Inovative Oil And Carbon Solutions* - a APAC demonstra seu compromisso com a reabilitação dos detentos por meio da educação, do trabalho e da

Figura 2 – Recuperandos extraindo a semente de macaúba



Fonte: site INOCAS

respeitosa interação com o meio ambiente. A participação no processo da produção de mudas da Macaúba é uma iniciativa exemplar que traz vários benefícios a ambas as partes, esse envolvimento dos detentos na produção de mudas da palmeira macaúba oferece uma oportunidade de aprendizado, treinamento e trabalho.

Eles recebem o fruto da palmeira, um coco, onde tem a função de separar todas as partes, um para cada função. Os detentos fazem isso usando um martelo e com muita atenção quebram separando cada uma das partes. Esse é um processo importante na produção de mudas já que nesse momento que é extraído a semente, que é justamente a peça usada na produção das mudas, indo à um laboratório para receber todo o tratamento necessário para dar início no processo.

O INOCAS e a APAC de Patos-MG, criaram essa parceria onde ambas as partes saem ganhando com esse trabalho, onde os detentos recebem uma porcentagem salarial, podendo ajudar suas famílias mesmo de longe e o INOCAS ganha a mão de obra para esse processo.

9.3 BIODIESEL E BIOQUEROSENE

A produção de biodiesel e bioquerosene a partir da semente da palmeira, é uma prática promissora e sustentável que ganhou destaque devido à crescente demanda por fontes de energia renováveis e à necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. A Macaúba oferece uma alternativa atraente, pois suas sementes contêm um óleo rico em ácidos graxos – óleos formados por cadeias de carbonos - que pode ser transformado em biocombustíveis de alta qualidade.

Ela possui uma matéria-prima abundante, já que é nativa da América do Sul e nasce em várias regiões do Brasil, especialmente no norte brasileiro. Suas sementes são abundantes e facilmente colhidas, tornando-a uma fonte de matéria-prima acessível para a produção de biocombustíveis., possuindo também uma certa sustentabilidade ambiental, tendo em vista que o cultivo da mesma e a remoção do óleo de suas sementes têm um impacto ambiental menor em comparação com a produção de biocombustíveis a partir de outras culturas. A macaúba é uma planta resistente, que pode crescer em solos degradados e áridos, reduzindo a necessidade de desmatamento e a competição com áreas de produção de alimentos. Deve-se pensar também como haverá uma redução das emissões de carbono significativa, já

que o projeto é que na produção dos biocombustíveis tenham o potencial de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, quando comparado aos combustíveis fósseis. Isso ocorrerá porque durante a queima dos biocombustíveis grande parte do carbono liberado será absorvido pela própria palmeira durante o seu crescimento.

No entanto, é importante destacar que a produção de biocombustíveis a partir da palmeira macaúba também enfrenta desafios, como a necessidade de práticas sustentáveis de cultivo, a escala de produção e a logística de colheita. Além disso, as políticas de incentivo e regulamentações governamentais desempenham um papel importante na promoção e nas previsões desses biocombustíveis.

Encontrar culturas que se demonstrem altamente produtoras de óleo e que tenham alto rendimento é um dos grandes gargalos ao crescimento dos biocombustíveis. Esta palmeira é altamente produtiva e eficiente, apresentando uma produtividade média de frutos de 15000 kg durante um ano, e rendimento médio em óleo de 4000 kg durante um ano, bem superior ao rendimento das oleaginosas mais comumente utilizadas, com a soja, a mamona, o girassol, o algodão e o amendoim, que tendem a apresentar média de produtividade de 1000 kg durante um ano. Desta forma, a macaúba apresenta todas as características para despontar na produção de biocombustível, pois é uma cultura de elevada sustentabilidade e de extrativismo familiar, além de, ser encontrada em praticamente todas as regiões do Brasil.

No geral, a produção de biodiesel e bioquerosene a partir da semente da palmeira macaúba representa uma alternativa promissora e sustentável no setor de biocombustíveis, com o potencial de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e o desenvolvimento socioeconômico em famílias ribeirinhas.

9.4 INOCAS

Criado no ano de 2019, o INOCAS é o Instituto, que desde o princípio, tem o objetivo de transformar a Macaúba na maior fonte de óleos vegetais do mundo, querendo transformar a palmeira em uma potência econômica.

Para que esse objetivo aconteça eles efetuam 4 etapas importantes neste processo de posicionamento da Macaúba

1. Plantio

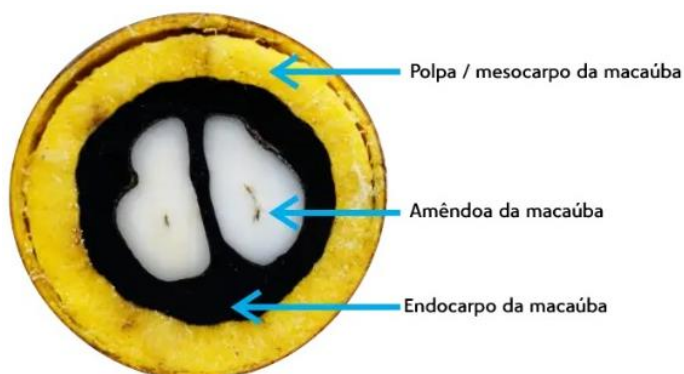
Desenvolveram uma cadeia produtiva da macaúba com o objetivo de torná-la uma das principais fontes de óleos vegetais e sustentáveis a nível global – sem reduzir a produção de alimentos e sem derrubar nenhuma árvore. Neste meio também engloba o processo de regeneração do solo para o plantio. Eles possuem 3 locais de plantio: Alto Paranaíba- MG: Primeira região escolhida para iniciar o projeto; Vale do Paraíba- SP: Primeira região para a expansão do plantio; Nordeste Paraense- PA: Segundo local escolhido para a expansão do plantio

2. Extrativismo

É realizada uma seleção genética, uma equipe selecionada para esse processo de separação dos frutos, onde eles fazem uma coleta, chamada de “coleta de processamento”. A palmeira demora 5 anos para nascer novamente, mas a colheita dos frutos acontece de forma anual. O fruto é recolhido por extrativistas, esse é um processo que acontece uma troca de serviços, já que o INOCAS visa a sustentabilidade e o meio ambiente, esse processo de auxílio com as famílias também faz parte desse processo

3. Produtos

Figura 3 - Parte interna do fruto da Macaúba



Fonte: site Inocas

A palmeira produz um coco que é a maior fonte de produtos de toda a palmeira, amêndoa e a polpa produzem os óleos, óleos usados na produção de biodiesel e bioquerosene; as tortas de prensagem são feitas através das sobras de amêndoa e polpa após a produção de óleos, são ricas em proteínas e usadas para a fabricação de ração para a criação de animais; Endocarpo é usado para fazer carvão.

4. Produção de mudas

As sementes são extraídas e levadas até a instituição APAC, onde os presos da instituição fazem a extração da semente e de todas as outras partes do coco- Os recuperados recebem uma remuneração por esse serviço oferecido.

De acordo com o site da instituição INOCAS (s.d.)

Após a coleta do coco macaúba, os frutos são enviados para a APAC de Patos de Minas, instituição parceira da INOCAS onde pessoas presas do sistema de justiça cumprem suas penas de forma digna e com vistas à ressocialização, sendo o trabalho um dos pilares do método. Os recuperados, como são chamados os presos da APAC, são contratados para realizar a primeira etapa da produção de mudas, a extração das sementes. Esta atividade é realizada de forma manual através de um processo minucioso, o que mantém a integridade da amêndoa. O controle de qualidade estabelecido nesta etapa, onde as sementes visualmente inviáveis são descartadas, está diretamente ligado ao sucesso da taxa de germinação no laboratório da INOCAS, para onde, posteriormente, elas são enviadas. Os recuperados recebem uma remuneração mensal pelo trabalho, conforme previsto na Lei de Execução Penal e a cada 3 dias trabalhados tem 1 dia de pena reduzido.

Germinação das sementes é um processo em que começa com as sementes extraídas chegam até o laboratório do INOCAS, onde são higienizadas e tratadas para evitar a presença de patógenos. Após esse processo utilizam um processo patenteado para acelerar o processo de germinação. No passar de 40 dias de germinação das sementes no laboratório e assim vão para o viveiro de mudas para crescerem e se desenvolverem

9.4.1 Impacto Socioambiental

O INOCAS tem uma preocupação socioambiental muito grande então por isso causam alguns impactos positivos em nosso planeta com esse projeto

Gráfico 1 - Impacto socioambiental do INOCAS



Fonte: site INOCAS

Seguindo a mesma linhagem de impactos positivos socioambientais, com apenas 4 anos de INOCAS em ação em nosso país, eles já alcançaram 8 dos 17 objetivos da ONU para 2030.

Figura 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



Fonte: site INOCAS

10 EMPREENDEDORISMO SOCIAL

Empreendedorismo social pode ser entendido como uma ação ousada e inovadora com cunho social, e pode ocorrer no setor privado, terceiro setor ou em organizações híbridas (Austin, Stevenson e Wei-Skillern, 2006 apud Rosolen et al., 2014).

Ainda sobre seu conceito, Rosolen et al., 2014 afirma em seus estudos:

Empresas sociais podem ser definidas como empresas de duplo propósito e que adequam metas de lucro com objetivos sociais (híbridas), ou organizações sem fins lucrativos empenhadas em desenvolver atividades comerciais que ofereçam suporte à execução de sua missão (organizações com fins sociais).

Ou seja, pode-se definir empreendedorismo social como negócios geradores de mudanças na sociedade, seria como um projeto que visa o bem-estar de determinado grupo, que planeja além dos lucros, possibilitar a transformação de realidades. O papel principal do empreendedor social é além de estabelecer estratégias para que o lucro gere um retorno social e um ambiente harmonioso, promovendo melhores condições de vida, profissionalização, informação e cultura, pois agregar valor à sociedade é algo que importa muito para essas pessoas.

Quando se fala em empreendedorismo social, podemos exemplificar a história de Muhammad Yunus, Muhammad Yunus é um economista e empreendedor social de Bangladesh conhecido por fundar o Grameen Bank e desenvolver o conceito de microcrédito. Em 1976, Yunus emprestou um pequeno valor a um grupo de mulheres pobres, observando o potencial de empreendedorismo. Essa iniciativa evoluiu para o Grameen Bank, que oferece pequenos empréstimos a pessoas de baixa renda, especialmente mulheres, sem exigir garantias convencionais. Seu trabalho revolucionou a percepção dos empréstimos, mostrando como o microcrédito pode ajudar a combater a pobreza e ganhou o Prêmio Nobel da Paz em 2006 pelo seu impacto no desenvolvimento econômico e social.

O objetivo desse tipo de empreendimento não é o lucro, todavia é necessário que se mantenha financeiramente autossustentável, combinando a eficiência administrativa de negócios tradicionais com a consciência social.

11 METODOLOGIA

Teste 1

As sementes da *Acrocomia Aculeata* (palmeira Macaúba) utilizadas no primeiro teste, em setembro de 2022, foram extraídas de frutos oriundos da região do Alto Paranaíba (Minas Gerais) da safra 2021/22.

No curso natural do processo, essas sementes ficariam armazenadas até que houvesse demanda no laboratório para a germinação. É justamente nesse intervalo que ocorre a primeira infestação de fungos de armazenamento (o *Aspergillus*).

A segunda infestação por fungos ocorre no processo de germinação, onde é realizado uma série de procedimentos com as sementes para que elas germinem. As sementes acabam ficando em bandejas por 40 dias.

Sendo assim, testou-se a eficiência do extrato de própolis e o óleo de orégano no processo de armazenamento das sementes recém extraídas.

A metodologia que seguimos nos experimentos, foi de 3 tratamentos e 1 controle, todos os produtos foram diluídos em proporção 1:1, e banhados durante 5 minutos. Em seguida, as sementes de macaúba foram colocadas em sacos feito de papel Kraft, e armazenados em um lugar escuro com temperatura ambiente.

No tratamento com extrato de própolis, banhamos a mistura do produto com a mesma quantidade de água potável em temperatura ambiente, em 75 sementes separadas em 3 grupos de 25.

O óleo de orégano foi diluído com a mesma quantidade de álcool líquido 70%, novamente foram divididos 3 grupos de 25 sementes, que foram imersas na mistura.

No terceiro teste, combinamos o extrato de própolis + óleo de orégano nas 75 sementes divididas em grupos com 25 cada.

No controle foi banhado apenas 75 sementes com água. Os testes foram conferidos a cada 2 dias, para averiguar o aparecimento de algum fungo, que não se desenvolveu em nenhuma semente tratada, nem no controle.

Figura 5 - Modelos de tratamento



Fonte: Autoria própria

Teste 2

Afim de colher resultados precisos, com a real eficácia ou não dos produtos estudados pelo seguinte projeto, iniciou-se o segundo teste. Com o amadurecimento, aprofundamento de pesquisas e do experimento anterior, este contém modificações significativas: adicionamos três novos produtos naturais; e acrescentamos o processo de escarificação das sementes após o banho, que consiste em um corte, expondo o embrião, é um processo imprescindível para facilitar a germinação da palmeira, e através desse corte o fungo de armazenamento se aloja na semente, contaminando-a.

Este experimento foi conduzido pela atual coorientadora, Mariana Sanitá, e a bióloga Fernanda Maria, que auxiliou-nos no Laboratório do INOCAS, localizado no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), no período de setembro de 2023, a partir de sementes coletadas na região do Alto Paranaíba (Minas Gerais, Brasil), na safra de

2022.. Os frutos foram coletados por extrativistas da região, e após processo de secagem natural, a extração das sementes é realizado em um presídio humanizado da região, chamado APAC (Associação de Proteção e Assistência ao Condenado).

Utilizou-se as sementes de Macaúba em duas formas, em um grupo elas foram tratadas com uma solução de pré-tratamento (solução 1), e no outro, in natura, sem nenhum tipo de tratamento anterior. Para cada conjunto houveram 2 repetições com 10 sementes.

Figura 12 - Separação das sementes



Fonte: Autoria própria

Figura 25 - Processo de banho das sementes



Fonte: Autoria própria

Figura 21 - Mistura do produto com o Tween



Fonte: Autoria própria

Os tratamentos foram constituídos pelos óleos essenciais e extratos oleosos (ambos adquiridos em distribuidor comercial) que foram anteriormente diluídos com 10 ml do solvente Tween 20 – diluidor de óleos e extratos – para facilitar a emulsificação dos produtos. T1: Óleo essencial de tomilho branco (*Thymus vulgaris*); T2: Óleo essencial de cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*); T3: Óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*); T4: Extrato de própolis (*Apis mellifera* L); T5: Extrato de aroeira (*Schinus molle*); T6: Controle com Tween 20.

Cada teste foi banhado nas misturas em 4 porcentagens diferentes, afim de avaliar a melhor solução para o objetivo de amenizar o aparecimento do fungo *Aspergillus* na semente da palmeira Macaúba.

Tabela 1 - Testes

Testes	Concentrações	Óleos/ extratos por ml	Tween em ml	Sementes COM a solução 1	Sementes SEM a solução 1
T1, T2, T3, T4,T5	10%	1 ml	10 ml	20	20
T1, T2, T3, T4,T5	20%	2 ml	10 ml	20	20
T1, T2, T3, T4,T5	30%	3 ml	10 ml	20	20
T1, T2, T3, T4,T5	40%	4 ml	10 ml	20	20
Controle	-	-	10 ml	20	20

Fonte: Autoria própria

*O T1 e T2 na concentração 30 e 40% foram reutilizados a mistura das concentrações anteriores

Após o banho, as sementes foram colocadas em papel filtro, com a finalidade de passarem pelo processo de secagem natural. Dadas 72 horas, pôde-se iniciar o segundo passo pós tratamento: a escarificação mecânica. As sementes da Macaúba foram colocadas em bandejas forradas com papel germinado úmido, colocando-os em uma estufa para iniciar o processo de germinação e observação do aparecimento do *Aspergillus*.

Figura 9 - Sementes no papel filtro



Fonte: Autoria própria

Figura 10 - Processo de secagem



Fonte: Autoria própria

Figura 41 - Sementes escarificadas



Fonte: Autoria própria

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo tem como principal objetivo avaliar as propriedades antifúngicas de produtos naturais como o óleo de tomilho branco, óleo de cravo da Índia, óleo de orégano, extrato de própolis e extrato de aroeira no fungo *Aspergillus* que infecta as sementes da Palmeira Macaúba (*Acrocomia Aculeata*) tendo também o intuito atingir uma maior proteção ambiental, a sustentabilidade e preservar a economia gerada através dessa planta, visto que ela segue sendo uma das matérias-primas mais promissoras na produção de bioquerosene e biodiesel.

Após o período de um mês tivemos os primeiros resultados, destacam-se como óleos promissores e com propriedades antifúngicas, assim testadas, o óleo de cravo da Índia e o óleo de tomilho branco, com a utilização de ambos a contaminação do fungo nas sementes foi em proporção menor do que com os outros produtos. Em cada item foi banhado 160 sementes, a contaminação no óleo de tomilho branco foi em 144 sementes, já no óleo de cravo da Índia foi em 139 sementes, equivale em porcentagem 90% e 87% de propagação do fungo, respectivamente. Enquanto as sementes banhadas no óleo de orégano e de própolis foram 100% contaminadas, sendo as 160 unidades utilizadas no teste.

Com base nos resultados deste estudo, conclui-se que os óleos essenciais e extratos contribuem não apenas para amenização da propagação do fungo de armazenamento *Aspergillus* nas sementes da Palmeira Macaúba, mas também para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis e eficazes na preservação de grãos e na promoção da agricultura in natura.

12.1 TABELA DA ANÁLISE DE RESULTADOS

Experimento ETEC Óleos Essenciais (descontaminação) - SETEMBRO/2023									
O.E	Aroeira								Total
Concentração	10%		20%		30%		40%		
Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	
NºSementes	20	20	20	20	20	20	20	20	160
Contaminação	20	20	18	20	19	17	19	17	150
	100%	100%	90%	100%	95%	85%	95%	85%	

O.E	Tomilho								Total
Concentração	10%		20%		30%		40%		
Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	
N°Sementes	20	20	20	20	20	20	20	20	160
Contaminação	20	17	19	16	18	19	20	15	144
	100%	85%	95%	80%	90%	95%	100%	75%	

O.E	Cravo da Índia								Total
Concentração	10%		20%		30%		40%		
Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	C/ Peróxido	S/Peróxido	
N°Sementes	20	20	20	20	20	20	20	20	160
Contaminação	19	14	17	17	20	15	18	19	139
	95%	70%	85%	85%	100%	75%	90%	95%	

[illegible][illegible][illegible]

REFERÊNCIAS

- BALARDIN, R.S.; MADALOSSO, M.G.; STEFANELLO, M.T.; MARQUES, L.N.; DEBORTOLI, M.P. Mancobeb: muito além de um fungicida. **Editora Bookman**. 2017. 147 p.
- BEZERRA DA ROCHA, L. P. et al. Uso de plantas medicinais: Histórico e relevância. **Research, Society and Development**, 5 ago. 2021. Acesso em: 7 de ago. De 2023.
- Corrêa, J.C.R. e Salgado, H.R.N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais [online]**. 2011, v. 13, n. 4., pp. 500-506. Epub 13 Jan 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000400016>>. Acesso em: 11 out. de 2023.
- CRISTINA TEIXEIRA DUARTE, M. Atividade Antimicrobiana de Plantas Medicinais e Aromáticas Utilizadas no Brasil. **MultiCiência**, out. 2006.
- DE FRANÇA, E. UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL PARA FITOPRODUTOS: UM CAMINHO PARA A PROTEÇÃO DE DIREITOS E PARA A VALORIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS LOCAIS ASSOCIADOS À BIODIVERSIDADE. Dissertação —**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**. Acesso em: 10 de out. De 2023.
- FILHO, Antonio C. P. M., SOUSA, Wendel C., FILHO, Josemar G. O., CASTRO, Carlos F. S. **Efecto antifúngico por el aceite esencial de las hojas y tallos de Schinus**
- FILHO, V.; YUNES, R. ESTRATÉGIAS PARA A OBTENÇÃO DE COMPOSTOS FARMACOLOGICAMENTE ATIVOS A PARTIR DE PLANTAS MEDICINAIS. CONCEITOS SOBRE MODIFICAÇÃO ESTRUTURAL PARA OTIMIZAÇÃO. **Scielo**, v. 21, n. 1, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gTt6RMzGksWHZ83mxPDXxCs/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2023.
- HOUGHTON, W. Fungos. **Natureza** 3, 126–127 (1870). <https://doi.org/10.1038/003126f0>.

INOCAS: O mundo mais sustentável com a macaúba. **INOCAS**, 2019. Disponível em: < <https://www.inocas.com.br/>>. Acesso em: 07 de out. de 2023.

KABOUCHE, Z.; BOUTAGHANE, N.; LAGGOUNE, S. et al. Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. **Int. J. Aromather.**, v.15, p.129-133, 2005.

LIMA, A.; RIBEIRO, A. S.; BONALDO, S. M. Effect of Essential Oils of *Syzygium aromaticum* and *Melaleuca alternifolia* on Isolates of *Aspergillus* sp. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 5, p. 63–67, 2014. DOI: 10.36560/50201453. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/53>. Acesso em: 7 jun. 2023.

molle sobre Aspergillus sp. Revista Cubana de Farmácia, 2020, 3:1-14. Disponível em: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100885>. Acesso em: 08 de jun. de 2023.

Morales-Rabanales, Quetzali Nichte et al. Propriedades antifúngicas de filmes híbridos contendo óleo essencial de *Schinus molle*: Efeito protetor contra a podridão pós-colheita do tomate. **Science Direct**, 2022, v. 134. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095671352100904X>>. Acesso em: 11 out. de 2023.

Nakada-Freitas¹, S. Blumer², A.I.I. Cardoso³. Doses de extrato de própolis no controle do fungo *Aspergillus sp* e no tratamento de sementes de pepino. **Semantic Scholar**, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7fdb/c36a8366f1ad28b5eb68a7cf7dcca00248.pdf>. Acesso: 05 de junho de 2023.

NOBRE, Danúbia A. C. et al. MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*): PALMEIRA DE EXTRAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA BIOCOMBUSTÍVEL. *Colloquium Agrariae*. **Jornal Unoeste**, v. 10 n. 2, Jul-Dez, 2014.

O PAPEL DO EMPREENDEDOR SOCIAL. **Sebrae**, 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-papel-do-empreendedor-social,235c77a4e7846710VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 21/11/23.

Osório, L.G. et al. Atividade in vitro do óleo essencial de *Origanum vulgare* L. em isolados clínicos de *Aspergillus* spp.. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia [online]**. 2019, v. 71, n. 01, pp. 204-210. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4162-10121>>. Acesso em: 11 out. de 2023.

Rana, Inder Singh, Rana, Aarti Singh and Rajak, Ram Charan. Evaluation of antifungal activity in essential oil of the *Syzygium aromaticum* (L.) by extraction, purification and analysis of its main component eugenol. **Brazilian Journal of Microbiology**. 2011, v. 42, n. 4, pp. 1269-1277. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400004>>. Acesso em: 11 out. de 2023.

ROSOLEN, Talita et al. Empreendedorismo Social e Negócios Sociais: Um Estudo Bibliométrico da Publicação Nacional e Internacional. **Periodicos UFBA**, p. 85-105, v.3, 2014. Disponível em:

<https://periodicos.ufba.br/index.php/rigs/article/view/8994/11596>. Acesso em: 28/11/23.

S. Centeno, MA Calvo, C. Adelantado e S. Figueroa. Atividade Antifúngica de Extratos de *Rosmarinus officinalis* e *Thymus vulgaris* contra *Aspergillus flavus* e *A. ochraceus*. **Jornal de Ciências Biológicas do Paquistão**, 2010,13: 452-455. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2010.452.455>. Acesso em: 08 de jun. de 2023.