

# **Potencial terapêutico e alimentício de guavira, marmelo do cerrado e pimenta rosa: nativas e cultivadas *ex situ***

Dra. Maria do Carmo Vieira  
Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate  
Organizadores





Dra. Maria do Carmo Vieira  
Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate  
Organizadores

**Potencial terapêutico e  
alimentício de guavira, marmelo  
do cerrado e pimenta rosa:  
nativas e cultivadas *ex situ***



Seriemá Indústria Gráfica e Editora Ltda-EPP  
Dourados, MS  
2022

Copyright © 2022 by Dra. Maria do Carmo Vieira e  
Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate.

É proibida qualquer reprodução parcial ou integral  
desta obra, sem prévia autorização.

Projeto Gráfico Ebook:  
Seriema Indústria Gráfica e Editora Ltda-EPP  
e-mail: [graficaseriema@graficaseriema.com.br](mailto:graficaseriema@graficaseriema.com.br)

Foto Capa: Guaviral no CEPAER-AGRAER  
em Campo Grande-MS  
Fonte: Acervo Pessoal dos Autores.

Conselho Editorial:  
Profa. Dra. Gicelma da Fonseca Chacarosqui Torchi  
Profa. Dra. Leoné Astride Barzotto  
Profa. Dra. Marinete Aparecida Zacharias Rodrigues  
Prof. Dr. Paulo Sérgio Nolasco dos Santos  
Profa. Dra. Renata Lourenço  
Profa. Dra. Rita de Cássia Aparecida Pacheco Limberti  
Profa. Dra. Viviane Scalon Fachin

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ**

---

P891

Potencial terapêutico e alimentício de guavira, marmelo do cerrado e pimenta rosa  
[recurso eletrônico] : nativas e cultivadas *ex situ* / organizadores Maria do Carmo Vieira,  
Néstor Antonio Heredia Zárate. - 1. ed. - Dourados [MS] : Seriema, 2023.  
recurso digital. ; 299 MB

Formato: html

Modo de acesso: world wide web

ISBN 978-65-5473-028-0 (recurso eletrônico)

1. Frutas - Identificação - Brasil. 2. Plantas dos cerrados - Brasil. 3. Guavira -  
Cultivo. 4. Marmelo do Cerrado - Cultivo. 5. Pimenta rosa - Cultivo. 6. Livros  
eletrônicos. I. Vieira, Maria do Carmo. II. Zárate, Néstor Antonio Heredia.

23-84262

CDD: 634.109817

CDU: 634.1(817)



---

Meri Gleice Rodrigues de Souza - Bibliotecária - CRB-7/6439

30/05/2023 05/06/2023

# SUMÁRIO

<b>Conteúdo .....</b>	<b>3</b>
<b>Apresentação .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>9</b>
Desenvolvimento e produção da guavira [ <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg] no cultivo <i>ex situ</i> .....	9
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>43</b>
Produção de mudas da guabiroba [ <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg], espécie arbórea nativa do Brasil .....	43
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>61</b>
Desenvolvimento e produção da pimenta rosa ( <i>Schinus terebinthifolia Raddi</i> ) <i>ex situ</i> , em cultivo orgânico e mineral, com adubos verdes e sob estresse .....	61
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>89</b>
Produção de mudas e desenvolvimento <i>ex situ</i> do marmelo do Cerrado [ <i>Alibertia edulis</i> (Rich) A. Rich. ex DC.] e marmelinho [ <i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum] .....	89
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>117</b>
Guavira e guabiroba: aspectos fisiológicos sob condições ambientais e tratos culturais .....	117
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>135</b>
Marmelo e marmelinho: aspectos fisiológicos sob condições ambientais e tratos culturais .....	135

<b>Capítulo 7</b> .....	<b>155</b>
Potencialidades dos aromas e chás da guavira, fruto símbolo de Mato Grosso do Sul .....	155
<b>Capítulo 8</b> .....	<b>171</b>
Potencial biológico do marmelo do cerrado .....	171
<b>Capítulo 9</b> .....	<b>187</b>
Extração e caracterização química do óleo essencial e extratos dos frutos e folhas de pimenta rosa ( <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi).....	187
<b>Capítulo 10</b> .....	<b>217</b>
Fungos endofíticos e potenciais farmacológicos de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi .....	217
<b>Capítulo 11</b> .....	<b>239</b>
Potencial alimentar do fruto <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) (Rich.) A. Rich. ex DC .....	239

## APRESENTAÇÃO

O conteúdo deste livro resultou de parte das atividades de um grupo de professores e pesquisadores, unidos para realizar pesquisas dentro do Edital Chamada FUNDECT/CNPq N°16/2014 - PRONEX – MS (Programa de Apoio a Núcleos de Excelência). A equipe pertence a diferentes instituições do Brasil, incluindo UFGD, UEMS, UFMS, Anhanguera-Uniderp, UFMS, AGRAER, FIOCRUZ-BH, UEPG, Instituto Nacional da Mata Atlântica, Instituto Politécnico de Bragança, UFAM, APTA-Piracicaba-SP, UESC Laguna-SC e UNESP - São Vicente-SP. Além dessas, estiveram envolvidas instituições internacionais, com as quais continuamos mantendo atividades, sendo elas Universidad de Cádiz (Espanha), Universiteit Gent (Bélgica) e Portsmouth University (Estados Unidos).

Os objetivos gerais dos projetos foram investigar novas possibilidades de espécies vegetais para o tratamento de doenças crônicas, em que a eficácia e a segurança de uso sejam prioridade; avaliar o uso alimentar e/ou nutracêutico de modo a preservar as substâncias bioativas das plantas; realizar estudos de variabilidade genética de populações, conservação *ex situ* e produção agrônômica, visando o manejo racional. As espécies selecionadas para o estudo foram *Alibertia edulis* (marmelo do cerrado), *Campomanesia* sp. (guavira) e *Schinus terebinthifolia* (pimenta-rosa). Os principais resultados obtidos foram: 1) a diversidade genética foi elevada em todas as populações da *C. adamantium*, com baixos níveis de diferenciação devido ao compartilhamento de alelos, principalmente em populações de Mato Grosso do Sul e Paraguai. É extremamente importante a conservação e coleta de germoplasma das populações para evitar a perda de diversidade genética e sua sobrevivência. Esse banco servirá como fonte de seleção de genótipos superiores para a reprodução dessa espécie promissora para o Bioma Cerrado. 2)

Comprovou-se possibilidade de cultivo ex situ das três espécies em estudo e obtenção de maiores produtividades, quando em cultivo orgânico ou associadas a adubos verdes. 3) Os padrões de distribuição para as populações de *S. terebinthifolia* não seguem o isolamento por distância ou similaridade pelas condições ambientais. A comparação entre a Análise de Componentes Principais de genótipos e quimiodiversidade reforça o perfil único para cada população. 4) A composição química dos extratos e óleos essenciais das três espécies foram correlacionadas com as atividades biológicas testadas. 5) Os extratos testados apresentaram potencial atividade inseticida, efetivos no controle e redução de futuras gerações de *Plutela xylostella*. 6) O extrato aquoso de *A. edulis* pode ser considerado seguro em ratos e ratas visto que não causou mortalidade, danos aos órgãos vitais, alterações hemato-bioquímicas, alterações no comportamento geral após exposição aguda e subcrônica bem como efeitos genotóxicos e mutagênicos. 7) Os extratos das três espécies apresentam atividades antioxidantes, anti-hiperlipidêmicas, anti-colesterol e triglicerídeos. Além disso, a *C. adamantium* tem atividade antitumoral. Desta forma, essas plantas demonstram potencial terapêutico para o tratamento e/ou prevenção de doenças relacionadas a alterações cardiometabólicas e proliferação de células tumorais. 8) A polpa da *C. adamantium* desidratada por atomização resultou em pó estável para posterior aplicação em produtos alimentares, por minimizar a perda de compostos bioativos e melhorar as características do produto em pó, aumentando sua aplicabilidade. A polpa da *C. adamantium* em pó pode ser usada como suplemento de vitamina C ou incorporada em produtos alimentícios como iogurte, bebida láctea e sucos, bem como na alimentação animal, aumentando a funcionalidade e qualidade dos produtos. 9) Barras alimentícias formuladas a partir de farinhas do fruto do marmelo do cerrado desidratado com e sem pré-tratamento apresentaram bom índice de aceitação (> 77%) para vários atributos (cor, odor, textura, sabor e avaliação

global), portanto foram consideradas bem aceitas.

Em síntese, as pesquisas resultaram na perspectiva de geração de fitoterápico e produto nutracêutico, tornou as instituições e pesquisadores como referência positiva para cultivos e usos das plantas medicinais, não apenas daquelas em estudo nesta rede, resultando em novas oportunidades de renda, o que auxilia no combate à diferença entre as classes via geração e distribuição de riquezas.

Resultou em perspectivas, como continuar os estudos com as espécies medicinais, visando dar segurança de uso, eficácia e qualidade, especialmente, uma das plantas em estudo, a *S. terebinthifolia*, que está na lista com possibilidade de ser prescrita no Sistema Único de Saúde – SUS do Brasil. Trabalhar sempre para que os conhecimentos gerados sejam divulgados em âmbito nacional e internacional com participação em eventos de natureza técnico-científica com apresentação de trabalhos e publicação de livros e capítulos de livros e artigos em periódicos de impacto. Organizar rotineiramente eventos com palestras para a população em geral no que se refere às potencialidades e os perigos do uso inadequado das plantas medicinais

Os capítulos estão organizados para cada espécie, conforme o organograma do projeto e trabalhos concluídos pelos autores.

Dra. Maria do Carmo Vieira





## Capítulo 1

# **Desenvolvimento e produção da guavira** [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg] **no** **cultivo *ex situ***

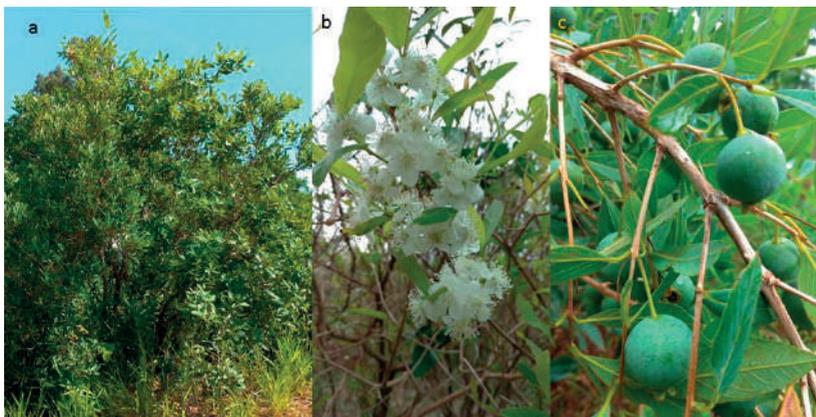
Maria do Carmo Vieira<sup>1</sup>; Néstor Antonio Heredia-Zárate<sup>1</sup>; Thiago de Oliveira Carnevali<sup>2</sup>; Ana Caroline Telis dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Altamira; Pará, Brasil.

E-mail: marivieira@ufgd.edu.br; nestorzarate@ufgd.edu.br; carnevali@ufpa.br; anacarolinetelis@hotmail.com

### **1. Introdução geral**

A guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg, Myrtaceae] é uma planta frutífera (Figura 1), nativa do Cerrado brasileiro e com ocorrência em Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Santa Catarina (Lorenzi et al., 2006). As folhas e as cascas dos frutos da planta de guavira têm diversas atividades medicinais e, por isso, a população local coleta indiscriminadamente as plantas no seu habitat, sem realizar nenhum tipo de manejo conservacionista natural ou utilizando técnicas de cultivo adequado e, por isso, existe o perigo de extinção (Durigan et al., 2004; Carnevali et al., 2012; Fernandes et al., 2016). Considerando a necessidade de preservação da espécie *in situ* e de cultivo *ex situ*, nosso grupo vem desenvolvendo pesquisas de manejo e tratos culturais desde 1997. Alguns resultados já foram publicados em artigos, livros e outras fontes, portanto, estamos descrevendo os últimos trabalhos realizados.



**Figura 1.** Plantas adultas (a), flores (b) e frutos de *Campomanesia adamantium* em cultivo *ex situ*, no Horto de Plantas Medicinais, da Universidade Federal da Grande Dourados. Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

## 2. Estudos *ex situ*

### 2.1. Crescimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg em substrato com bioestimulador (Goelzer, 2018)

#### 2.1.1. Introdução

O cultivo *ex situ* da guavira (*Campomanesia adamantium*) é um dos meios de conservação genotípica da espécie e a melhor forma de evitar a exploração predatória nas condições *in situ* (Pinhal et al., 2011). No início do cultivo *ex-situ* há necessidade de se obter mudas, que normalmente têm propagação inicial feita em diferentes recipientes, de forma direta com transplante, mas, tendo-se cuidado com a qualidade do substrato a ser utilizado, para assim evitar interferência no crescimento e desenvolvimento das plantas (Hartmann et al., 2008). Uma das possíveis técnicas de cultivo inicial pode ser o uso de bioestimuladores que, em função de sua composição,

podem melhorar a qualidade do solo e as condições para o cultivo das plantas, bem como reduzir o impacto ambiental (Goelzer, 2018).

### **2.1.2. Material e métodos**

O trabalho experimental com a guavira foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados – MS, em ambiente protegido, com características modulares, pré-fabricada e com cobertura lateral e superior com polietileno, com proteção adicional de sombrite 50%. As sementes da guavira utilizadas para a propagação e formação das mudas foram coletadas aleatoriamente de frutos de plantas de populações naturais ocorrentes em um fragmento de Cerrado localizado no município de Ponta Porã – MS (Autorização de Acesso e de Remessa de Amostra de Componente do Patrimônio Genético nº 010220/2015-1 – CNPq/CGEN/MMA). A espécie foi identificada por especialista e a exsicata depositada no Herbário DDMS (Dourados – MS), sob o número 4653.

O estudo da guavira foi realizado em sacos de polietileno, preenchidos com substratos preparados pela mistura de solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (LVd) de textura muito argilosa, húmus de minhoca e folhas de mandioca decompostas, na proporção de 6:2:2, além da aplicação do bioestimulador Penergetic®. Os tratamentos em estudo foram seis doses do bioestimulador: 0%; 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% e 2,5% do volume final do substrato em que foram incorporados, em única adição. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por dez sacos de polietileno, com capacidade para 1,3 L, contendo uma planta em cada.

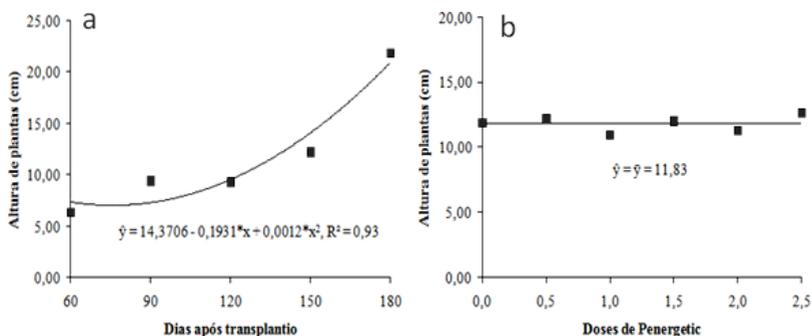
A propagação inicial foi realizada por semeadura em bandejas de poliestireno com 128 células, preenchidas com substrato Bioplant®. Quando as plântulas atingiram altura

média de 4 cm, o que ocorreu aos quatro meses após o semeio, foram transplantadas para os sacos de polietileno. Durante o ciclo de cultivo, foram feitas irrigações por aspersão visando manter o substrato com capacidade de campo de 70% e eliminação manual das plantas infestantes.

Entre 60 e 180 dias após o transplante (DAT), a cada 30 dias, foram medidas as alturas das plantas, o diâmetro do coleto e contadas as folhas por planta. Aos 185 DAT foram colhidas três plantas inteiras por parcela para avaliar o comprimento da raiz principal, as áreas foliares e radiculares e as massas frescas e secas das folhas, caules e raízes.

### 2.1.3. Resultados e discussão

A altura das plantas (Figura 2) e o diâmetro do caule foram influenciados pelo uso do bioestimulador e pelo ciclo de cultivo. Já, o número de folhas foi influenciado pela interação entre as doses do bioestimulador e pelo ciclo de cultivo.

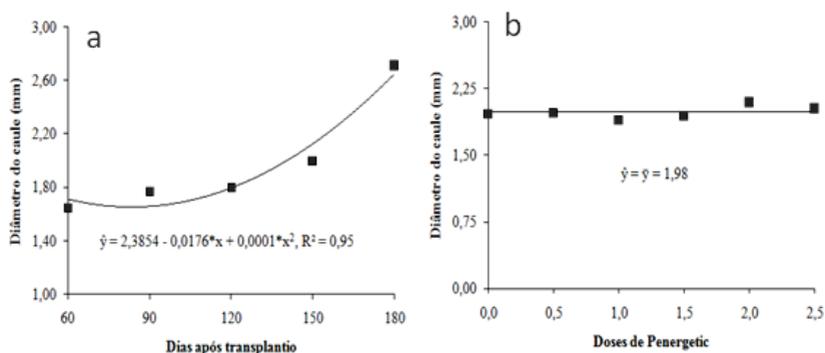


**Figura 2.** Altura de plantas de guavira em função do ciclo de cultivo (a) e cultivadas em substratos com diferentes doses do bioestimulador Penegetic (b). Fonte: Goelzer (2018).

A altura das plantas da guavira apresentou curva de crescimento quadrática com taxas crescentes a partir dos 76 dias após o transplante (DAT), quando apresentou a menor altura

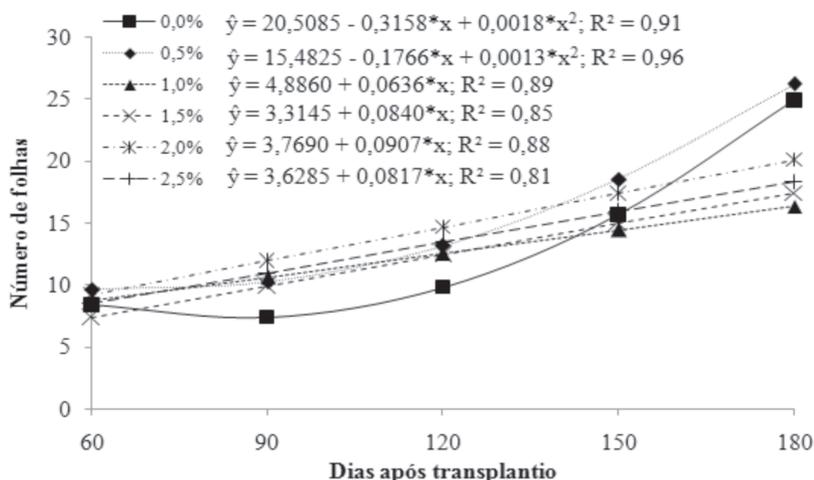
(7,05 cm) (Figura 2a); a partir dos 120 DAT, ocorreu crescimento mais acelerado nas plantas de guavira, alcançando altura máxima de 21,84 cm aos 180 DAT. Quanto às respostas relacionadas com as doses do bioestimulador, apesar de apresentar significância no teste F ( $p < 0,01$ ), os modelos matemáticos de regressão linear testados, não se ajustaram aos dados de altura da planta em função das doses, obtendo-se média de 11,83 cm (Figura 2b).

O diâmetro do caule (na altura do coleto) das plantas de guavira apresentou curva de crescimento quadrático com taxas crescentes a partir dos 83 DAT quando apresentou o menor diâmetro calculado (1,65 mm) (Figura 3a). A partir dos 120 DAT, ocorreu crescimento mais acelerado, a semelhança da altura das plantas (Figura 2a), até os 180 DAT quando se obteve o maior diâmetro do coleto (2,71 mm) (Figura 3a). Quanto às respostas matemáticas relacionadas com as doses do bioestimulador, apesar de apresentar significância no teste F ( $p < 0,01$ ), os modelos matemáticos de regressão linear testados, não se ajustaram aos dados de diâmetro do coleto em função das doses, obtendo-se média de 1,98 mm (Figura 3b).



**Figura 3.** Diâmetro do coleto das plantas da guavira em função do tempo de cultivo (a) e cultivadas com diferentes doses do bioestimulador Pengergetic (b). Fonte: Goelzer (2018).

Os números de folhas das plantas de guavira apresentaram respostas diferentes (Figura 4), sendo lineares para as cultivadas nos substratos com 1,0 a 2,5% do bioestimulador e com curvas quadráticas e taxas crescentes nas plantas cultivadas nos substratos com 0,5% (26,2 folhas/planta), que apresentou o maior, mas com padrão semelhante às cultivadas em substrato sem (0%) o bioestimulador (24,0 folhas/planta), aos 180 DAT. O menor número de folhas (16,3 folhas/planta) foi das plantas cultivadas em substrato com 1,0% do bioestimulador, que apresentou crescimento linear, semelhante ao das plantas cultivadas em substratos com 1,5; 2,0 e 2,5% do bioestimulador (Figura 4).



**Figura 4.** Número de folhas de guavira em função de doses do bioestimulador e épocas de avaliação. Fonte: Goelzer (2018).

Quanto à raiz principal, não foi influenciada pelos fatores em estudo, sendo, em média de 14,98 cm. Contudo, observou-se que o maior comprimento da raiz principal foi sem a adição do produto estudado (16,29 cm), enquanto sob a dose de 1% foi o menor comprimento (13,61 cm).

A área foliar das plantas da guavira respondeu de forma

quadrática, obtendo-se ponto máximo (208,07 cm<sup>2</sup>/planta) sob a maior dose de Penergetic.

Não houve ajuste estatístico para as massas fresca e seca da parte aérea, obtendo-se médias de 4,19 e 1,77 g/planta, respectivamente. Porém, as maiores massas foram na dose 2,5%, com 5,33 e 2,10 g/planta, respectivamente.

Concluiu-se que o cultivo da guavira em sacos de polietileno preenchidos com substrato formado por Latossolo Vermelho distroférico, húmus de minhoca e folhas de mandioca decompostas não deve ser utilizado com o bioestimulador para obter maior número de folhas/planta, que são a base de uso medicinal da planta.

## **2.2. Crescimento, floração e frutificação da *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg consorciada com espécies de adubos verdes em Sistemas Agroflorestais (Gondim et al., 2021)**

### **2.2.1. Introdução**

As principais demandas de estudos sobre frutíferas nativas em Sistemas Agroflorestais (SAFs) são para evitar a extinção de espécies nativas, devido à extração indiscriminada de frutos, que é uma tradição popular, tanto para consumo doméstico quanto para comercialização dos frutos não processados em mercados informais, como em feiras, rodovias e outros.

Além de viabilizar a atividade econômica, a domesticação de espécies indígenas *in situ* configura uma estratégia de conservação dos recursos genéticos em Sistemas Agroflorestais (SAFs), bem como uma estratégia de restauração ecológica. Produtividade e restauração bem-sucedidas por meio de SAFs requerem intervenção ativa com práticas agroecológicas, por exemplo, o uso de adubação verde (Legwaila et al., 2011).

Na procura de técnicas agronômicas para o cultivo *ex situ* das plantas de guavira e com o objetivo de otimizar a produção com o consórcio de leguminosas, foi realizado um experimento de campo para testar como diferentes espaçamentos entrelinhas e diferentes espécies de adubo verde afetam a fenologia e o crescimento das plantas da guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, Myrtaceae].

### **2.2.2 Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (CEPAER AGRAER) em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Os fatores em estudo foram compostos primeiro por adubos verdes, que corresponderam a três espécies de leguminosas: (1) *Canavalia ensiformis* DC. (feijão de porco), (2) *Canavalia cajan* (L.) Millsp. (feijão guandu) e (3) *Crotalaria breviflora* DC. (crotalária). O segundo fator em estudo foram quatro espaçamentos entre linhas, sendo: T1: 2,00 m x 0,40 m; T2: 2,00m x 0,80m; T3: 2,00m x 1,20m; T4: 2,00m x 1,60m. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por duas linhas de guavira contendo 12 mudas.

As mudas da guavira foram produzidas a partir de sementes de frutos coletados em novembro de 2014, na área da pesquisa. No CEPAER, as plantas foram produzidas no viveiro de mudas com 50% de sombreamento (Ajalla et al., 2014) em sacos de 3 kg, para produção de mudas, preenchidos com substrato composto de solo Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa e que foi fertilizado segundo recomendações de Andrade et al. (2002), citados por Gondim et al. (2020). Após um ano no viveiro, as mudas com altura média de 15 cm foram transplantadas no local definitivo.

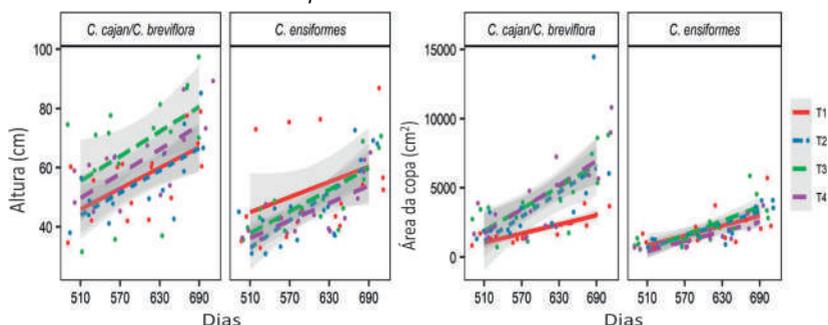
Quando pelo menos 50% das plantas dos adubos verdes estavam floridas, foram coletadas duas plantas de cada espécie.

As amostras foram obtidas de plantas cortadas a 20 cm do solo em uma área de 2 m<sup>2</sup> em cada linha da guavira, que foram determinados aleatoriamente. Após a amostragem, foram cortadas as plantas leguminosas perto do solo e depositadas como cobertura morta.

Durante o ciclo de cultivo, em quatro períodos bimensais, entre 510 a 690 dias de crescimento, foram medidas as alturas das plantas e a área da copa das plantas da guavira.

### 2.2.3. Resultados e discussão

Houve interação entre espaçamentos entre fileiras com diferentes adubos verdes e crescimento (Figura 5) ao longo do tempo. A altura e a área da copa dos indivíduos da guavira aumentaram sob os maiores espaçamentos entrelinhas consorciados com *C. breviflora* - *C. cajan* e diminuíram quando consorciada com *C. ensiformis*.



**Figura 5.** Altura média e área de copa de *C. adamantium* ao longo do tempo nos diferentes espaçamentos e adubos verdes consorciados: *C. ensiformis* e *C. breviflora* - *C. cajan*. T1: 2 m x 0,40 m; T2: 2 m x 0,80 m; T3: 2 m x 1,20 m e T4: 2 m x 1,60 m. Fonte: Gondim et al. (2020).

Sob espaçamentos mais densos (2,00 m x 0,40 m), a planta de guavira apresentou menor área de copa em relação aos outros espaçamentos, com média de 3084,24 + 1270,10 cm<sup>2</sup>, após 24 meses de plantio, o que pode ser devido à competição intraespecífica.

Após 724 dias (+/- 1 ano e 10 meses) após o plantio das plantas da guavira, foram registrados indivíduos que produziram, em média, 10 frutos/planta<sup>-1</sup>, com variação de 0 a 189 frutos/planta<sup>-1</sup>. A densidade de cultivo (influenciada pelo espaçamento entre fileiras) e a adubação verde influenciaram a floração, mas não a produção de frutos de plantas com dois anos de idade.

Plantas da guavira cultivadas sob espaçamento mais amplo (2,00 m x 1,20 m) apresentaram maior área de copa, quando comparadas com aquelas sob menor espaçamento. Também foi observado que a maior produtividade de biomassa dos adubos verdes foi no arranjo *C. breviflora* e *C. cajan* onde os indivíduos da guavira tiveram maior altura.

Em função do exposto e considerando o rápido crescimento das plantas leguminosas foi possível verificar que o maior espaçamento entre plantas consorciado com a mistura de *C. breviflora* e *C. cajan* induziram às plantas da guavira apresentarem maiores alturas, área da copa e maior biomassa.

### **2.3. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Melo et al., 2019)**

#### **2.3.1. Introdução**

O Cerrado possui diversas fitofisionomias caracterizadas pelo clima e principalmente pelos solos, com destaque para os Latossolos, especialmente o vermelho, e os Neossolos, principalmente os quartzarênicos. Esses solos são geralmente muito intemperizados e apresentam alta precipitação por ferro e alumínio, limitando consequentemente a disponibilidade de nutrientes e podendo assim comprometer o desenvolvimento vegetal (Lepsch, 2010 citado por Melo et al., 2019). Dentre as possíveis alternativas utilizadas na agricultura para minimizar esse problema, a calagem é a pratica que mais se destaca, pois é

de baixo custo e corrige a acidez do solo.

Dentre as espécies de interesse alimentício e medicinal, *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira, Myrtaceae) é um arbusto frutífero nativo do Cerrado (Lorenzi et al., 2015), adaptado às condições limitantes do solo, mas que responde às alterações nutricionais (Vieira et al., 2011; Carnevali et al., 2012, 2014). Porém, a espécie ainda é encontrada apenas em áreas nativas, sendo poucas as informações agrônômicas caracterizando seu cultivo *ex situ*.

### **2.3.2 Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, no Horto de Plantas Mediciniais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados – MS. O estudo foi constituído de cinco doses de calcário dolomítico - PRNT 80% (0, 1, 2, 3 e 5 t ha<sup>-1</sup>), em substratos com duas texturas: Latossolo Vermelho Distroférico (LVd – 100%) e LVd+areia (50% LVd + 50% areia). Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 5 x 2, no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de seis vasos, com uma planta por vaso.

Para obtenção das mudas, foram coletados frutos maduros de guavira de plantas de populações naturais (Autorização de Acesso e de Remessa de Amostra de Componente do Patrimônio Genético n° 010220/2015-1 – CNPq/CGEN/MMA), em área nativa de Cerrado do município de Ponta Porã – MS. A espécie foi identificada e uma exsicata está depositada no Herbário DDMS, sob o número 4653. Os frutos foram despulpados manualmente, e as sementes foram lavadas em água corrente até a perda da mucilagem. Em seguida, realizou-se o semeio em bandejas de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com substrato comercial Bioplant®, mantidas em ambiente protegido com 50% de sombra. As plântulas foram transplantadas aos vasos com 4 cm

de altura, aos 60 dias após o semeio.

A partir de 30 até 210 dias após o transplante das mudas – DAT foram avaliadas a altura de plantas, o diâmetro do caule e o índice de clorofila. Aos 210 DAT todas as plantas foram colhidas, retirando-as inteiras dos vasos, sendo lavadas as raízes e separadas em folhas, caules e raízes. Avaliaram-se as áreas foliares e radiculares e as massas secas das folhas, caules e raízes.

### **2.3.3. Resultados e discussão**

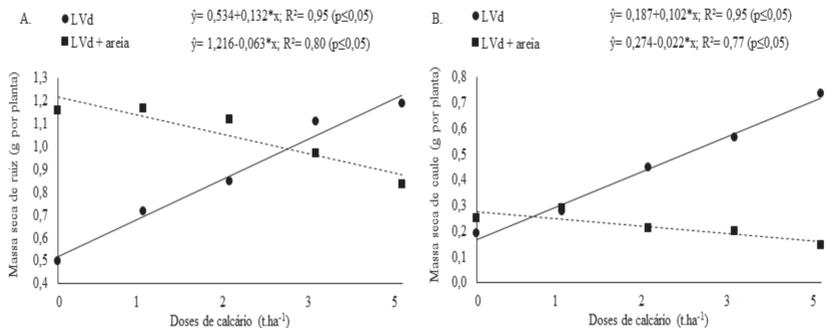
As características das plantas de guavira avaliadas durante o crescimento foram influenciadas pela interação entre as doses de calcário, textura do substrato e épocas de avaliações (Tabela 1). Em geral, houve aumento das características avaliadas em função das épocas de avaliação, obtendo-se maiores valores aos 210 dias após o transplante. As plantas cultivadas no substrato LVd com 5,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário apresentaram maior altura, diâmetro do caule e índice SPAD. Para o substrato LVd+areia, as maiores alturas, diâmetro do caule e índice SPAD foram obtidas utilizando a dose de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário. Por outro lado, quando as plantas foram cultivadas em LVd+areia e 5 t ha<sup>-1</sup> de calcário apresentaram menores produções.

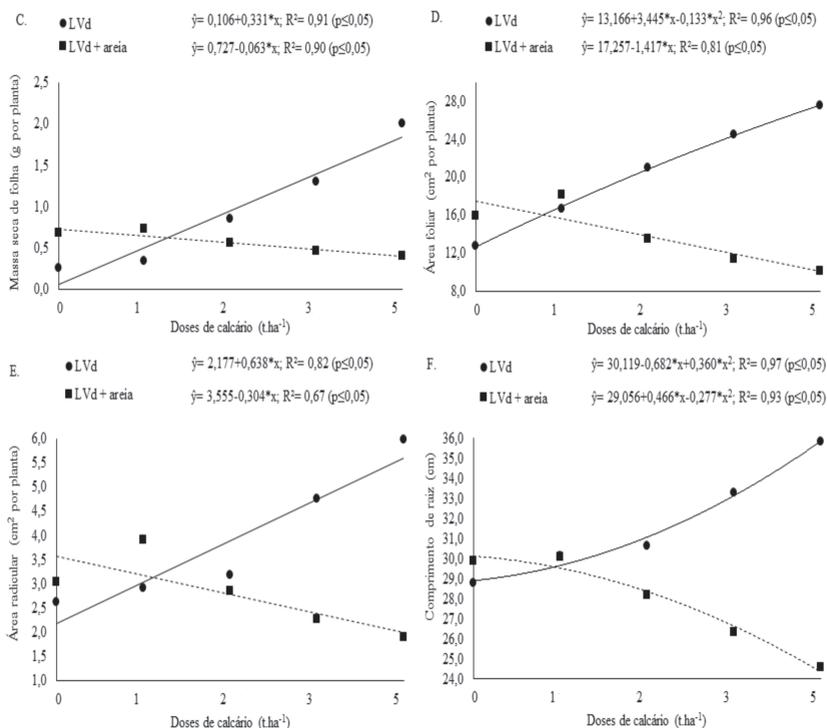
**Tabela 1.** Características de crescimento de *Campomanesia adamantium*, em função de doses de calcário e textura de substrato, aos 210 dias após o transplante.

Características	Doses de calcário (t ha <sup>-1</sup> )	Textura			
		LVd		LVd+areia	
		Equação	Máximo <sup>1</sup>	Equação	Máximo <sup>1</sup>
Altura de planta (cm)	0,00	$\hat{y}=2,334+0,008^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,99	4,01	$\hat{y}=3,340+0,008^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,80	5,02
	1,00	$\hat{y}=2,104+0,013^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,99	4,83	$\hat{y}=2,910+0,016^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,97	6,27
	2,00	$\hat{y}=2,444+0,015^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,91	5,59	$\hat{y}=3,108+0,006^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,81	4,36
	3,00	$\hat{y}=2,677+0,017^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,88	6,24	$\hat{y}=2,528+0,006^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,97	3,78
	5,00	$\hat{y}=2,489+0,035^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,95	9,83	$\hat{y}=2,146+0,006^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,98	3,40
Diâmetro do caule (mm)	0,00	$\hat{y}=0,819+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,79	1,02	$\hat{y}=1,058+0,002^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,91	1,47
	1,00	$\hat{y}=1,086+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,82	1,29	$\hat{y}=1,061+0,002^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,95	1,48
	2,00	$\hat{y}=1,116+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,79	1,32	$\hat{y}=1,034+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,71	1,24
	3,00	$\hat{y}=1,062+0,002^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,79	1,48	$\hat{y}=1,031+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,73	1,24
	5,00	$\hat{y}=0,872+0,006^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,97	2,13	$\hat{y}=0,960+0,001^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,84	1,17
Índice SPAD	0,00	$\hat{y}=22,757+0,067^*x-0,00008^*x^2$ ; R <sup>2</sup> =0,99	33,29	$\hat{y}=24,134+0,036^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,97	31,69
	1,00	$\hat{y}=23,262+0,072^*x-0,00008^*x^2$ ; R <sup>2</sup> =0,99	34,85	$\hat{y}=22,163+0,082^*x-0,0001^*x^2$ ; R <sup>2</sup> =0,98	34,97
	2,00	$\hat{y}=29,008+0,031^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,97	35,51	$\hat{y}=22,445+0,041^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,98	31,05
	3,00	$\hat{y}=29,941+0,026^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,72	35,40	$\hat{y}=21,974-0,018^*x+0,0002^*x^2$ ; R <sup>2</sup> =0,98	27,01
	5,00	$\hat{y}=31,867+0,031^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,86	38,37	$\hat{y}=19,214+0,030^*x$ ; R <sup>2</sup> =0,73	25,51

<sup>1</sup>máximo aos 210 dias após o transplante. \*Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. Latossolo Vermelho Distroférrico – LVd e LVd + areia.

As massas secas de folhas, caules e raízes, áreas foliar e radicular e o comprimento da maior raiz das plantas de guavira foram influenciadas pela interação doses de calcário e textura do substrato (Figura 6). As maiores produções de massas secas de raiz, caules e folhas, áreas foliar e radicular e comprimento da maior raiz foram obtidas utilizando-se o substrato LVd com 5 t ha<sup>-1</sup> de calcário. A calagem também proporcionou aumento da área radicular e o comprimento da maior raiz, obtendo-se maior produção utilizando-se o substrato LVd com 5 t ha<sup>-1</sup> (Figuras 6E e F).





**Figura 6.** Massas secas de raiz (A), caule (B), folhas (C), áreas foliar (D) e radicular (E) e comprimento da maior raiz (F) de plantas de *Campomanesia adamantium* cultivadas sob doses de calcário e texturas de substratos. \*Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. Latossolo Vermelho distroférico - LVd e LVd+areia. Fonte: Melo et al. (2019).

As doses de calcário a serem aplicadas nos diferentes substratos devem ser diferentes e deve-se considerar sobretudo seu teor de argila; assim, a calagem para o cultivo de guavira é primordial no substrato LVd. No entanto, para o substrato LVd+areia não se deve adicionar calcário ou, quando necessário, utilizar doses baixas de calcário apenas para adicionar os nutrientes Ca e Mg. Em síntese, as plantas de guavira apresentaram maior crescimento quando foi utilizado o substrato LVd com 5 t ha<sup>-1</sup> de calcário e quando foi utilizado LVd+areia sem o uso de calcário.

## 2.4 Adubos verdes influenciam o cultivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, espécie nativa do cerrado (Nascimento et al., 2022)

### 2.4.1 Introdução

Para a preservação de espécies de plantas medicinais nativas é essencial seu manejo adequado *in situ* e o cultivo *ex situ*. Dentre os biomas ricos em espécies de interesse medicinal e econômico está o Cerrado, que é a segunda maior unidade vegetal brasileira, considerado o mais abundante em espécies vegetais, comparado às savanas do mundo (Leão-Araújo et al., 2019). Há, no entanto, o risco de extinção da biodiversidade dessas espécies no Cerrado devido ao avanço das atividades agropecuárias, à introdução e dispersão de espécies exóticas, ao desmatamento, às queimadas e à degradação dos recursos naturais (Ferreira et al., 2018). Também há a coleta extrativista, como é o caso da coleta de folhas e frutos da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. (guavira, Myrtaceae) para usos medicinal e nutricional (Figura 7), tornando-a mais suscetível à extinção (Fernandes et al., 2016; Jeromini et al., 2018).



**Figura 7.** Planta (a), flores (b) e frutos (c) de *Campomanesia adamantium* da área experimental do Horto de Plantas Medicinais da FCA/UFMG. Fonte: Nascimento et al., 2018/2019

Com base no potencial medicinal e alimentar das plantas de guavira e como não há registro do cultivo *ex situ* da espécie é necessário o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis de base agroecológica, com a mínima utilização de insumos químicos, a menor degradação do meio ambiente, minimização do revolvimento do solo e o uso adequado dos tratamentos culturais (Ajalla et al., 2014; Santos et al., 2019). Dentre esses sistemas de produção existe a possibilidade do consórcio ou da sucessão com plantas utilizadas como adubos verdes (Cunha et al., 2013).

#### **2.4.2 Material e métodos**

O experimento foi realizado no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, em Dourados-MS. Foi estudada a planta de guavira (Figura 7), cujo voucher está depositado no Herbário DDMS, da UFGD, sob número 5854.

Os tratamentos no campo constituíram-se da cobertura vegetal do solo com quatro espécies de adubos verdes perenes, *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa (estilosantes), *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth (kudzu tropical) e *Calopogonium mucunoides* Desv. (calopogônio) e uma semi-perene, *Cajanus cajan* L. (Millsp.) (feijão guandu), além das testemunhas vegetação espontânea e solo exposto (capinado). Os seis tratamentos foram arrançados no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas tinham área útil de 7,20 m<sup>2</sup>, sendo 3,60 m de largura e 2,0 m de comprimento.

As plantas para a cobertura vegetal foram semeadas manualmente no local definitivo. Após quinze dias da emergência das plântulas, foi realizado desbaste, estabelecendo-se estande em média de 30 plantas por metro de *C. mucunoides*, *P. phaseoloides* (Formentini, 2008) e *C. cajan* (Amabile et al., 2000) e 25 plantas por metro de *S. macrocephala*

(Teodoro et al., 2011). Foram realizados dois cortes dos adubos verdes, sendo o primeiro aos 180 dias após a semeadura - DAS, quando as plantas apresentavam aproximadamente 70% de floração (Figura 9a) e 90% de cobertura do solo. O segundo corte, correspondente à rebrota, foi feito aos 360 DAS.

As mudas das plantas de guavira foram produzidas no HPM da UFGD, via semeadura indireta, utilizando-se sementes extraídas de frutos maduros colhidos ao acaso de plantas de uma população natural em área nativa de Cerrado (Cadastro de acesso SISGEN Nº A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018). O transplante das mudas de guavira foi feito quando tinham 2,0 anos de idade e altura média de 37 cm, aos 15 dias após o primeiro corte e 195 DAS dos adubos verdes (Figuras 9b e 9c). Os espaçamentos entre plantas foram de 0,50 m e entre fileiras de 1,20 m (Vieira et al., 2011) em parcelas de 2,0 m de comprimento e 3,6 m de largura.



**Figura 9** – Adubos verdes perenes em pleno florescimento (a), plantas de guavira em meio aos adubos verdes (b) e adubos verdes decompostos (c). Fonte: Nascimento et al., 2020.

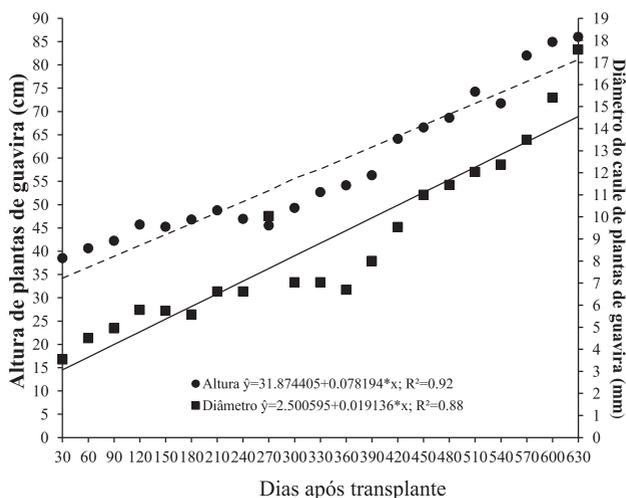
Ao longo do ciclo de cultivo das plantas de guavira, a partir de 30 dias após o transplante - DAT, com intervalos de 30 dias até 630 DAT, foram mensuradas a altura de todas as plantas da parcela e o diâmetro caulinar do caule principal rente à superfície do solo. As colheitas dos frutos foram realizadas na medida em que foram amadurecendo, desde os 300 até os 690 DAT. Após cada colheita, avaliaram-se o número de frutos, a

massa fresca e o diâmetro do fruto. Posteriormente, os materiais foram colocados em estufa de circulação de ar forçada a  $60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , até obtenção de massa constante. As produções referentes a cada colheita foram somadas para obtenção da produção total por planta.

Após a última colheita dos frutos, aos 690 DAT foram contados os perfilhos e caules das plantas e colhidas duas plantas de guavira por parcela, cortando-as rente ao solo (Ajalla et al., 2014). Foram separadas as folhas e caules e pesados para obtenção das massas fresca e seca.

### 2.4.3 Resultados e discussão

As alturas e os diâmetros dos caules das plantas de guavira foram influenciados isoladamente pelas épocas de avaliação e pelos adubos verdes. O crescimento foi linear ascendente (Figura 8), devido provavelmente à predominância da gema apical, característica da espécie.



**Figura 8.** Altura e diâmetro do caule das plantas de guavira ao longo do ciclo de cultivo. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019. Fonte: Nascimento et al. (2022).

A maior altura das plantas de guavira foi das cultivadas em solo coberto com estilosantes e os maiores diâmetros do caule, quando cultivadas com calopogônio e estilosantes (Tabela 2). O maior perfilhamento das plantas de guavira foi nas plantas cultivadas com o kudzu tropical, em relação à vegetação espontânea (Tabela 2).

**Tabela 2.** Altura de plantas, diâmetro do caule e quantidade de perfilhos das plantas de guavira, aos 690 dias após o transplante, em função das plantas utilizadas como adubos verdes.

<b>Adubos verdes</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro do caule (mm)</b>	<b>Perfilhos/planta</b>
Estilosantes	67,14 a	10,47 a	8,16 ab
Calopogônio	60,59 b	10,33 a	8,30 ab
Kudzu tropical	62,72 b	9,38 ab	9,72 a
Feijão guandu	56,77 c	8,63 bc	8,93 ab
Vegetação espontânea	47,34 e	6,92 d	5,39 b
Solo exposto	51,48 d	7,14 cd	8,86 ab
<b>C. V. (%)</b>	14,01	40,30	20,27

\*Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Fonte: Nascimento et al. (2022).

As produtividades de frutos, de massas fresca e seca e do diâmetro de frutos das plantas de guavira não foram influenciados pelos adubos verdes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Número de frutos, massas fresca e seca e diâmetro dos frutos das plantas de guavira cultivadas em sucessão a adubos verdes e em solo exposto.

<b>Adubos verdes</b>	<b>Frutos</b>	<b>Massa fresca</b>	<b>Massa seca</b>	<b>Diâmetro</b>
	nº /planta	g/planta		mm
Estilosantes	10,34	43,56	8,23	18,51
Calopogônio	8,24	35,82	7,38	19,32
Kudzu tropical	9,95	41,44	5,87	12,72
Feijão guandu	1,72	6,87	1,82	19,64
Vegetação espontânea	0,61	4,00	0,81	13,67
Solo exposto	4,33	21,64	5,08	13,41
<b>C. V. (%)</b>	153,50	158,21	152,33	42,81
<b>DMS</b>	20,89	93,41	19,53	19,68

Fonte: Fonte: Nascimento et al. (2022)

As plantas de guavira tiveram maiores massas fresca e seca de folhas, quando cultivadas em solo coberto com calopogônio, em relação ao solo com vegetação espontânea (Tabela 4). As maiores massas frescas e secas dos caules foram das plantas cultivadas com estilosantes, diferindo apenas da vegetação espontânea e do solo exposto. A área foliar das plantas de guavira foi maior no cultivo em solo coberto com calopogônio, diferindo da vegetação espontânea e do solo exposto.

**Tabela 4.** Massas fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas e caules (MFC e MSC) e área foliar (AF) de plantas de guavira aos 690 DAT, cultivadas em sucessão a adubos verdes e em solo exposto. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	MFF	MSF	MFC	MSC	AF
	g planta <sup>-1</sup>				cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>
Estilosantes	360,51 ab	150,28 ab	273,26 a	146,41 a	11312,45 ab
Calopogônio	373,36 a	158,28 a	243,70 ab	124,77 ab	12055,11 a
Kudzu tropical	273,15 ab	123,92 ab	188,41 abc	98,44 abc	9849,67 abc
Feijão guandu	180,15 ab	78,75 ab	130,70 abc	68,89 bc	6294,75 abc
Vegetação espontânea	103,93 b	42,83 b	72,52 c	37,54 c	3837,49 c
Solo exposto	150,81 ab	72,65 ab	104,66 bc	55,68 bc	4554,57

\*Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Fonte: Nascimento et al. (2022).

A maior altura das plantas de guavira ocorreu quando foram cultivadas com estilosantes e o maior diâmetro do caule foram nas plantas cultivadas com calopogônio e estilosantes. As maiores massa fresca das folhas e de área foliar das plantas de guavira foram quando cultivadas com calopogônio e a maior massa seca foram nas plantas cultivadas com calopogônio e estilosantes. As maiores massas frescas e secas dos caules foram das plantas cultivadas com estilosantes.

As plantas de guavira responderam positivamente ao uso do calopogônio porque apresentaram aumento da produção de folhas, resultando em maior quantidade de material que poderia ser usado como medicinal. A produção de frutos das plantas foi pequena, desuniforme e não variou entre os tratamentos. Essa é uma característica das plantas de Cerrado, em início de ciclo.

## **2.5. Bokashi em mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg: aspectos morfométricos e fotoquímicos favorecem o desenvolvimento (Santos et al., 2019)**

### **2.5.1 Introdução**

As plantas da *Campomanesia adamantium* apresentam importância alimentícia e medicinal, e suas mudas podem ser inseridas em áreas de recuperação, sistemas agroflorestais biodiversos e/ou pomares comerciais, devido ao seu valor de agregação. Considerando essas informações, torna-se imprescindível estabelecer tratos culturais para seu cultivo *ex situ*.

Para o cultivo de plantas medicinais nativas, o uso de biofertilizantes pode favorecer a qualidade das mudas, uma vez que, quando adicionados ao substrato para a formação de mudas ou ao solo para o cultivo, melhoram os atributos químicos, físicos e microbiológicos (Higashikawa et al., 2010; Zaccardelli et al., 2013).

O bokashi é um biofertilizante fermentado por microrganismos benéficos que favorecem a mineralização da matéria orgânica e a disponibilização dos nutrientes e aumento da microbiota no sistema solo (Boechat et al., 2013). Porém, são poucos os estudos com esse biofertilizante, principalmente sobre a quantidade adequada a se adicionar ao substrato para plantas.

### **2.5.2. Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, em Dourados-MS. Os frutos da *C. adamantium* foram coletados aleatoriamente de matrizes (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018) em área

remanescente de Cerrado (18°07'03"S, 54°25'07"W, 452 m), Dourados – MS, Brasil. Após a coleta, os frutos foram despolpados manualmente e, imediatamente, fez-se o semeio em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato Tropstrato®. Aos 60 dias após a sementeira, realizou-se o transplante das plântulas para sacos de polietileno de 1,3 L, contendo Latossolo Vermelho Distroférico (Santos et al., 2013), de textura argilosa com cinco doses de bokashi (Garden Bokashi®), incorporadas: 0, 5, 10, 15 e 20 g kg<sup>-1</sup> de solo. A unidade experimental constituiu-se de 20 mudas. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições.

Os tratamentos culturais constituíram-se de irrigações diárias de forma manual, visando manter a capacidade de campo do substrato a 70%, e arranquio de plantas espontâneas quando necessário. Não houve ocorrência de pragas e incidência de doenças.

Decorridos 150 dias após o transplante, foi contabilizado o número de mudas vivas (sobrevivência) e medidas a altura das plantas, diâmetro do coleto e número de folhas. Também foram mensuradas em folhas expandidas a fluorescência inicial variável e máxima, bem como eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e rendimento máximo não fotoquímico ( $F_0/F_v$ ), dissipação de energia, taxa relativa de transporte de elétrons. Foram determinadas as médias do comprimento (CML) e largura máxima do limbo (LML) e, os desvios de simetria (ds).

### **2.5.3. Resultados e discussão**

Constatou-se que ocorreu mortalidade de 100% das mudas produzidas com 20 g de bokashi, não sendo possível incluí-las na análise estatística. Foi observado que o número de folhas, fluorescência inicial, taxa de transporte de elétrons, rendimento máximo não fotoquímico, assimetria e desvio de

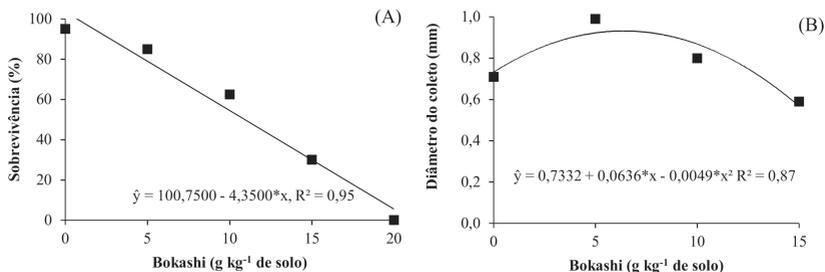
simetria não foram significativos (Tabela 5). Os dados de altura, fluorescência variável e máxima das clorofila-a de mudas de *C. adamantium* não se ajustaram aos modelos matemáticos empregados, obtendo-se médias de 3,52 cm, 0,642 e 0,857 elétrons/quantum, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Equações de regressão das características avaliadas em mudas de *C. adamantium* cultivadas com bokashi.

Característica	Equação	R <sup>2</sup>
Crescimento		
Altura de plantas	$\hat{y}=\bar{y}= 3,52$ cm	S/ aj.
Número de folhas	$\hat{y}=\bar{y}= 4,3$	Ns
Fluorescências e eficiência fotoquímica		
F <sub>0</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,215$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	Ns
F <sub>m</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,857$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	S/ aj.
F <sub>v</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,642$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	S/ aj.
D <sub>e</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,142$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	S/ aj.
ETR	$\hat{y}=\bar{y}= 210,23$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	Ns
F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,736$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	S/ aj.
F <sub>0</sub> /F <sub>v</sub>	$\hat{y}=\bar{y}= 0,344$ elétrons quantum <sup>-1</sup>	Ns
Morfometria foliar		
Assimetria	$\hat{y}=\bar{y}= 0,458$ cm	Ns
ds	$\hat{y}=\bar{y}= 0,037$	Ns

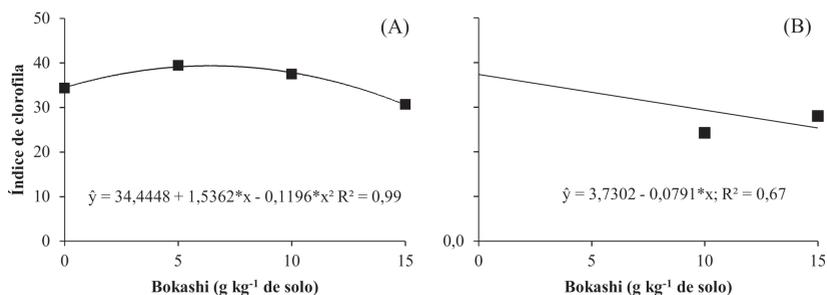
F<sub>0</sub> = fluorescência inicial; F<sub>v</sub> = fluorescência variável; F<sub>m</sub> = fluorescência máxima; D<sub>e</sub> = dissipação de energia; ETR = Taxa de transporte de elétrons; F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> = eficiência fotoquímica do fotossistema II; F<sub>0</sub>/F<sub>v</sub> = rendimento máximo não fotoquímico; S/aj. = sem ajuste; ns = não significativo.

A sobrevivência das mudas reduziu em função das doses crescentes de bokashi (Figura 10A). O diâmetro do coleto máximo (0,99 mm) foi observado nas mudas cultivadas em solo com adição de 6,48 g de bokashi (Figura 10B).



**Figura 10.** Sobrevivência (A) e diâmetro de coleto (B) em mudas de *C. adamantium* cultivadas com bokashi. Fonte: Santos et al., 2019.

Houve aumento nas características morfológicas foliares com doses crescentes de bokashi; o maior CML (6,47 cm) e LML (12,90 cm) ocorreram sob 15 g de bokashi (Figuras 11A e B).



**Figura 11.** Comprimento (A) e Largura (B) do limbo em mudas de *C. adamantium* cultivadas com bokashi. Fonte: Santos et al., 2019.

O uso do bokashi na dose 5g kg<sup>-1</sup> de solo, na formulação de substratos para produção de mudas de *C. adamantium*, favoreceu as características fotoquímicas mais viáveis ao seu melhor desenvolvimento.

## **2.6. Crescimento inicial da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg cultivada em diferentes substratos e doses de Fertbokashi®** (Goelzer et al., 2019)

### **2.6.1. Introdução**

A *Campomanesia adamantium* (Camb.) O. Berg (guavira, Myrtaceae) é uma planta frutífera nativa do Cerrado brasileiro, que corre perigo de extinção, em função da perda, a cada ano, de parte da área de seu habitat, devido ao fato de o Cerrado estar perdendo sua vegetação nativa, pela expansão de fronteiras agrícolas (Teixeira et al., 2019), queimadas, dentre outros. Além disso, as colheitas dos frutos são extrativistas em plantas naturais, pela população local, sem ter cuidado em fazer manejo ou cultivo adequado (Ferreira et al., 2018). Por isso, é

importante e necessário efetuar estudos básicos sobre o desenvolvimento de técnicas de propagação *ex situ* (Vieira et al., 2010), visando à produção de mudas, seja para fins de conservação da espécie ou para produção comercial.

Uma alternativa para melhorar a qualidade desses solos do Cerrado pode ser o uso do adubo ativador orgânico Bokashi, que é uma mistura balanceada de matérias orgânicas de origem vegetal e/ou animal, submetidas a processo de fermentação controlada, que são incorporadas ao solo, contribuindo na introdução e crescimento de microrganismos benéficos (Siqueira e Siqueira, 2013).

Outro caminho interessante para o sucesso do cultivo *ex situ* desta e de outras espécies de plantas medicinais nativas do Cerrado é o tipo de substrato utilizado para a formação de mudas, pois os solos do cerrado são do tipo Latossolos (Peixoto et al., 2016), com textura muito argilosa (Santos et al., 2013) e dificultam o desenvolvimento das raízes. Para produção de mudas, a utilização de areia, como composição de substrato, tem resultado em sucesso (Silva et al., 2019).

## **2.6.2. Material e Métodos**

O experimento com guavira foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, em Dourados-MS. As sementes da guavira utilizadas para formação das mudas foram coletadas aleatoriamente de frutos de plantas de populações naturais ocorrentes em um fragmento de Cerrado localizado no município de Ponta Porã – MS (Latitude - 23°32'30" e Longitude 55°37'30") (Cadastro de Acesso N° A9CDAAE – CGEN-MMA, de 15/10/2018).

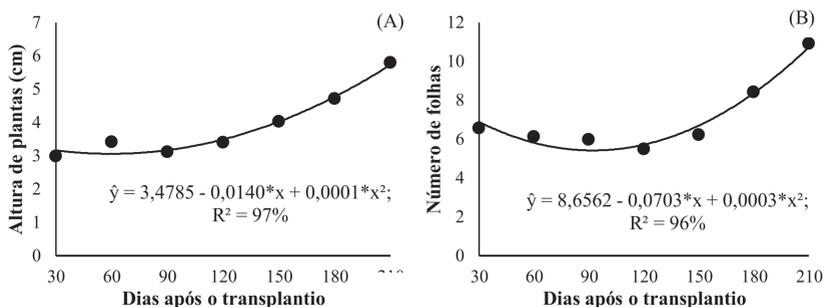
A propagação inicial foi realizada por semeadura com substrato Bioplant®. Quando as plântulas atingiram 3 cm foram transplantadas para os vasos com os tratamentos. Avaliaram-se dois tipos de substratos (100% solo e 50% solo + 50% areia) e

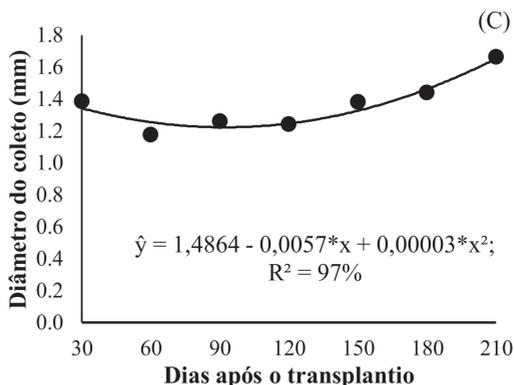
cinco doses de Fertbokashi® (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 L ha<sup>-1</sup>). O arranjo experimental foi em esquema fatorial 2 x 5, no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de seis vasos com capacidade de 5 kg, com 4 kg de substrato e uma planta por vaso. O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distroférrico, e a areia do tipo grossa, lavada.

Durante o ciclo de cultivo, foram medidas as alturas das plantas, diâmetro do coleto e contadas as folhas. Após 210 dias após o transplante (DAT), foram colhidas plantas inteiras para determinar as massas secas das folhas, caules e raízes, bem como, foi mensurada a área foliar e o comprimento da maior raiz.

### 2.6.3. Resultados e discussão

Os tratamentos não influenciaram a altura das plantas, número de folhas e o diâmetro do coleto das plantas de guavira, que seguiram a mesma tendência, de curvas de crescimento quadrática ao longo do ciclo (Figura 12). A maior altura (5,8 cm) das plantas (Figura 12A), diâmetro (1,66 mm) do coleto (Figura 12B) e número (10,9) de folhas (Figura 12C) ocorreram ao final do experimento, aos 210 DAT.





**Figura 12.** Altura (A), número de folhas (B) e diâmetro do coleto (C) de plantas de guavira em função das épocas de avaliações. Fonte: Goelzer et al. (2019).

As raízes da planta de guavira se desenvolveram melhor no substrato composto por solo e areia, havendo aumento de 27,3% do comprimento da raiz; 42,55% da área radicular e 36,43% da massa seca de raiz em relação às raízes das plantas cultivadas apenas com o solo (Tabela 6).

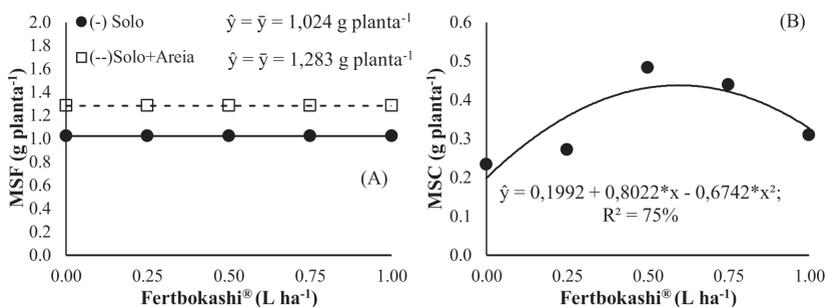
**Tabela 6.** Comprimento de raiz, área radicular (AR) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de guavira em função do tipo de substrato.

Substrato	Comp. Raiz	AR	MSR
	(cm)	(cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )
Solo	38,07 b	20,47 b	1,29 b
Solo + Areia	48,49 a	29,18 a	1,76 a
C.V. (%)	14,16	44,09	41,89

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não difere entre si, pelo teste t de Student, todos à 5% de probabilidade. Fonte: Goelzer et al. (2019).

Os dados de massa seca de folhas, apesar de significativos para a interação das doses de Fertbokashi<sup>®</sup> e tipo de substrato, não se ajustaram aos modelos matemáticos empregados, obtendo-se médias de 1,024 g planta<sup>-1</sup> das massas secas de folhas das plantas cultivadas apenas com solo e 1,283 g planta<sup>-1</sup> sob substrato composto por solos mais areia (Figura

13A). O resultado obtido para massa seca de caule (MSC) apresentou curva quadrática com taxa decrescente (Figura 13B), sendo o valor máximo de 0,43 g planta<sup>-1</sup> com adição de 0,59 L ha<sup>-1</sup> de Fertbokashi® no substrato e o menor valor (0,23 g planta<sup>-1</sup>), onde não houve a aplicação do Fertbokashi® (Figura 13B).



**Figura 13.** Massa seca de folhas da planta de guavira em função das doses de Fertbokashi® e tipo de substrato (A) e, massa seca de caule cultivada sob doses de Fertbokashi® (B). Fonte: Goelzer et al. (2019).

Concluiu-se que as plantas de guaviras se desenvolvem melhor em substrato composto por solo mais areia e as doses de Fertbokashi® pouco estimulam o crescimento inicial da guavira. No entanto, deve-se considerar como positivo o uso do ativador orgânico para melhoria do solo, com resultados benéficos às plantas, com o passar do tempo.

## REFERÊNCIAS

AJALLA, A. C. A.; VIEIRA, M. C.; VOLPE, E.; ZÁRATE, N. A. H. Seedling growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira), under three levels of shade and substrates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 449-458, 2014.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M., Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

BOECHAT, C. L., SANTOS, J. A. G., AGUIARACCIOLY, A. M. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with 'Fermented Bokashi Compost. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 2, p. 257-264. 2013.

CARNEVALI, T. O.; VIEIRA, M. C.; SOUZA, N. H.; RAMOS, D. D.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARDOSO, C. A. L. Espaçamentos entre plantas e adição de cama-de-frango na produção de biomassa das plantas e na composição química dos frutos da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n. 4, p. 680-685, 2012.

CARNEVALI, T. O.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, N. H. S.; COELHO, D. V. B. S. A.; TORALES, E. P.; HEREDIA ZÁRATE, N. A. Correção do solo para o desenvolvimento inicial de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-10, 2014.

CUNHA, M. B.; VOLPE, E.; AJALLA, A. C. A.; GAMA, T. C. M.; CABRAL, J. E. F.; FERNANDES, J. S. Produção de biomassa de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) sob diferentes

espaçamentos e sua influência no desenvolvimento de plantas de *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg (guavira). **Workshop de Plantas Medicinais do Mato Grosso do Sul**, 16, p.1-6, 2013.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F. **Plantas do Cerrado paulista**: imagens de uma paisagem ameaçada. Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2004. 475 p.

FERNANDES, G. W.; AGUIAR, L. M. S.; ANJOS, A. F.; BUSTAMANTE, M.; COLLEVATTI, R. G.; DIANESE, J. C.; DINIZ, S.; FERREIRA, G. B.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E.; FRANÇOSO, R. D.; LANGEANI, F.; MACHADO, R. B.; MARIMON, B. S.; MARIMON JR. B. H.; NEVES, A. C.; PEDRONI, F.; SALMONA, Y.; SANCHEZ, M.; SCARIOT, A. O.; SILVA, J. A.; SILVEIRA, L. F.; VASCONCELOS, H. L.; COLLI, G. R. **Cerrado**: um Bioma rico e ameaçado. In: PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio. 2016. p. 69-83.

FERREIRA, E. M.; ANDRAUS, M. P.; TSAI, H. M.; CARDOSO, A. A.; LEANDRO, W.M.; Permanent preservation area revegetated with tree species and green manures. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 243-252, 2018.

FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, Incaper. 2008. 27 p.

GOELZER, A. **Crescimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg em substrato com bioestimulador**. 2018. 43 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral – Bioprospecção). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados-MS

GOELZER, A.; SILVA, O. B.; SANTOS, F. H. M.; CARNEVALI, T. O.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C. Crescimento inicial da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg cultivada em diferentes substratos e doses de fertbokashi\*. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 4, p. 1783-1797, 2019.

GONDIM, E. X.; FERREIRA, B. H. S.; REIS, L. K. ; GUERRA, A.; GARCIA, L. C. Growth, flowering and fruiting of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg intercropped with green manure species in Agroforestry Systems. **Agroforestry System**, v. 95, n. 2, p. 1261–1273, 2021.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Prentice-Hall, 2008, 770 p.

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1743-1752, 2010.

JEROMINI, T. S.; MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; SCALON, L. Q. Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* Rich. **Floresta**, v. 49, n. 1, p. 89-98, 2018.

LEÃO-ARAÚJO, É. F.; SOUZA, E. R. B.; NAVES, R. V.; PEIXOTO, N. Phenology of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg in Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, 2019.

LEGWAILA, G. M.; MOJEREMANE, W.; MADISA, M. E.; MMOLOTSI, R. M.; RAMPART, M. Potential of traditional food plants in rural household food security in Botswana. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3, n. 6, p. 171-177, 2011.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 2006. 640 p.

LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil** - nativas e exóticas. São Paulo, Instituto Plantarum, 2015. 768 p.

MELO, R. M.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; GONÇALVES, W. V.; TORALES, E. P.; TOLOUEI, S. E. L.; SANTOS, C. C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 99-108, 2019.

NASCIMENTO, J. S.; VIEIRA, M. do C.; Heredia-Zárate, N. A.; GOELZER, A.; SILVA, O. B. da; SANTOS, C. C. Growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, native to Brazilian Cerrado, with green manure in agroecological system contributes to the preservation of the species. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.44, p.e-084, 2022.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a Biodiversidade**. Brasília, CNPq: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2016, 195 p.

PINHAL, H. F.; ANASTÁCIO, M. R.; CARNEIRO, P. A. P.; SILVA, V. J.; MORAIS, T. P.; LUZ, J. M. Q. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do cerrado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1136-1142, 2011.

SANTOS, C. C.; BERNARDES, R. S.; GOELZER, A.; GEIST, M. L.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Bokashi em mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg: Aspectos morfométricos e fotoquímicos. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 3, p. 239-243, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. D.; OLIVEIRA, V. D.; OLIVEIRA, J. D.; COELHO, M. R. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013, 306 p.

SILVA, E. M.; PARREIRA, M. C.; SIEBEICHLER, S. C.; RODRIGUES, E.; DOS SANTOS, C. M. S.; NETO, F. D. C. V.; DE FREITAS, G. A. Produção de mudas de cajueiro Anão-precoce em substratos de resíduos orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v. 9, n. 1, p. 90-96, 2019.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 16 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 40).

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C.; BATISTA, L. F.; PAULA-SOUZA, J.; FRONZA, P.; BRANDÃO, M. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325-348, 2019.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Perennial herbaceous legumes used as permanent cover cropping in the Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. 1; ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2010, v.1, 322 p.

VIEIRA, M. C.; PEREZ, V. B.; ZÁRATE, N. A. H.; SANTOS, M. C.; PELLOSO, I. A. O.; PESSOA, S. M. Effect of nitrogen and phosphorus supply on initial development of guavira

[*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg cultivated in pots. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. especial, p. 542-549, 2011.

ZACCARDELLI, M.; DE NICOLA, F.; VILLECCO, D.; SCOTTI, R. The development and suppressive activity of soil microbial communities under compost amendment. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 730-742, 2013.



## Capítulo 2

### **Produção de mudas da guabiropa** [*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg], **espécie arbórea nativa do Brasil**

Maria do Carmo Vieira, Néstor Antonio Heredia-Zárate, Ademir Goelzer;  
Cleberton Correia Santos

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil.

E-mail: marivieira@ufgd.edu.br; nestorzarate@ufgd.edu.br; ademirgoelzer@gmail.com;  
cleber\_frs@yahoo.com.br

#### **1. Introdução**

O Cerrado brasileiro é composto por aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, representando em torno de 23% do território nacional brasileiro, com vastos habitats e alta diversidade de vegetação nativa (Cândido et al., 2016). Dentre as plantas nativas, *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg (guabiropa, Myrtaceae) é uma espécie arbórea frutífera (Figura 1) que ocorre principalmente em solos úmidos e bem drenados das subáreas de pinhais de capões e matas de galeria nos domínios fitogeográficos do Cerrado e Mata Atlântica (Sobral et al., 2015).

As plantas da guabiropa apresentam bom potencial agroeconômico porque seus frutos são suculentos e doces, podendo ser consumidos in natura ou utilizados na produção de geleias, doces, sucos, licores e sorvetes. Além disso, as plantas são utilizadas com finalidades agromedicinais (Lorenzi, 2008). Quanto às propriedades medicinais, estudos comprovaram sua eficácia na redução dos níveis de colesterol no sangue (Klafke et al., 2010), além de ser fonte de compostos antioxidantes (Zuninga et al., 2018). As plantas também podem ser utilizadas na recomposição de áreas degradadas e matas ciliares (Dalanhol

et al., 2017). Portanto, estudos sobre a produção de mudas de espécies nativas são essenciais para a conservação da diversidade genética e o desenvolvimento sustentável.



**Figura 1.** Planta de *Campomanesia xanthocarpa*, destacando-se folhas, ramos e frutos. Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

## **2. Estudos ex situ**

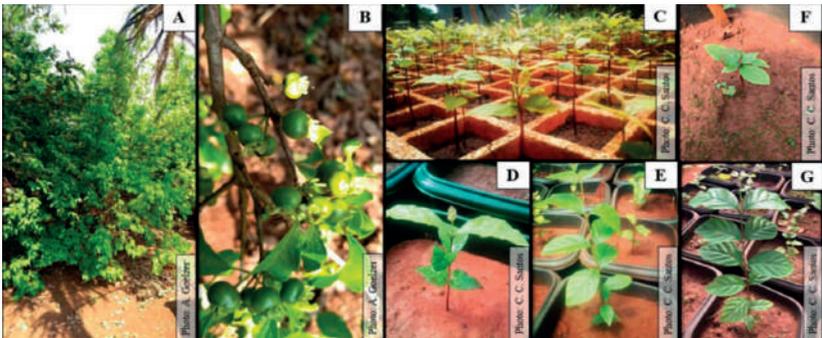
### **2.1. Adubação fosfatada e sombreamento no crescimento inicial e eficiência fotoquímica de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg** (Silvério et al., 2020)

#### **2.1.1. Introdução**

Uma importante prática agrônômica e florestal no contexto da produção de mudas de espécies frutíferas em solos tropicais é a adubação fosfatada. Isso porque na região do Cerrado, os solos são altamente intemperizados, apresentando altos teores de óxidos de ferro e alumínio (Camargo et al., 2010), os quais podem fixar fósforo no solo, dificultando o crescimento das plantas. A importância do fósforo para as plantas deve-se à sua participação em várias fases do ciclo da planta, como o teor de reservas nutritivas das sementes, grau de desenvolvimento do sistema radicular e taxa de crescimento (Santos et al., 2008).

### 2.1.2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais-HPM, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS. Frutos maduros de *Campomanesia xanthocarpa* foram coletados de populações naturais (Registro de Acesso nº A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018), no Assentamento Itamarati, Ponta Porã (MS) (Figura 2A-B). A espécie foi identificada e a exsiccata foi depositada no Herbário DDMS, da UFGD, sob o número 4644. Para a propagação das mudas, a sementeira foi feita em bandejas de poliestireno expandido de 72 células preenchidas com substrato Tropstrato® (Figura 2C).



**Figura 2.** Planta (A), frutos (B), mudas nas bandejas (C), transplante (D), crescimento (E, G) e emissão de folhas - rebrota (F) de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Os fatores estudados consistiram em cinco níveis de fósforo, utilizando-se como fonte superfosfato simples (18%  $P_2O_5$ ): 0, 50, 100, 150 e 200 mg P kg solo<sup>-1</sup> e dois níveis de sombreamento: 0% (pleno sol) e 50%. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 2, em delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. O sombreamento foi feito artificialmente usando telas pretas com retenção de 50% da radiação solar. Aos 60 dias após a sementeira, quando as mudas apresentavam altura média de 6,0 cm, as plantas foram transplantadas para vasos plásticos (Figura 2D-G) preenchidos

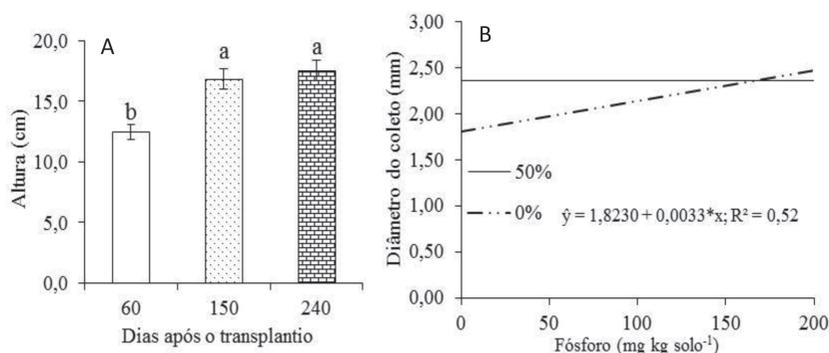
com 4,2 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa.

Aos 60, 90 e 240 dias após o transplante das mudas para os vasos foram determinadas as alturas das plantas, o diâmetro do caule e contadas as folhas totalmente expandidas.

### 2.1.3. Resultados e discussão

A altura das plantas de *C. xanthocarpa* foi influenciada apenas pelas épocas de avaliação, sendo observado que o maior valor de altura (19,72 cm) ocorreu aos 240 DAT, não diferindo dos 150 DAT (Figura 3A).

O diâmetro do caule, o número de folhas e a relação altura/diâmetro foram influenciados significativamente pela interação entre níveis de sombreamento e dias após o transplante (Tabela 1). A adubação fosfatada não influenciou significativamente a altura das plantas nem o número de folhas das mudas. O diâmetro do caule foi influenciado pela interação doses de fósforo e sombreamento, sendo que o maior diâmetro ocorreu em plantas cultivadas a pleno sol com adição crescente de P, enquanto em ambientes sombreados os dados não se ajustaram aos modelos matemáticos testados (Figura 3B).



**Figura 3.** Altura das plantas (A) e diâmetro do caule (B) de plantas jovens de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas com fósforo sob níveis de sombreamento. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Fonte: Silvério et al. (2020).

**Tabela 1.** Diâmetro do caule na altura do coleto, número de folhas e relação altura/diâmetro de plantas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas sob níveis de sombreamentos em função dos dias após o transplante.

Dias após o transplante	Diâmetro do caule		Número de folhas		Relação altura/diâmetro	
	Níveis de sombreamentos					
	0%	50%	0%	50%	0%	50%
<b>60</b>	1,95 aA	1,69 bB	9,1 aA	10,6 bA	6,16 bB	7,70 bA
<b>150</b>	2,44 aA	1,87 bB	14,9 aA	15,4 bA	6,47 abB	9,99 aA
<b>240</b>	2,05 aB	3,53 aA	10,0 aB	22,7 aA	7,78 aA	5,51 cB
<b>C.V. (%)</b>	24,12		44,97		25,25	

Letras minúsculas nas colunas, para dias após o transplante, e maiúsculas nas linhas, para ambientes, não diferem entre si, pelo teste de Tukey e teste t de Student, respectivamente, a 5% de probabilidade.

Em relação à interação entre sombreamento e dias após o transplante, as plantas que apresentaram maiores diâmetros do caule na altura do coleto e número de folhas foram aquelas produzidas sob sombreamento, aos 240 DAT (Tabela 1). A maior relação altura/diâmetro foi observada nas plantas sombreadas aos 150 DAT, e esse indicador foi reduzido aos 240 DAT, no mesmo ambiente luminoso.

Concluiu-se que as plantas jovens de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas sob sombreamento apresentaram maior crescimento inicial com a adição das menores doses de fósforo ao solo (10-35 mg P kg solo<sup>-1</sup>)

## **2.2. Crescimento da *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. em substrato com cama de frango e calagem** (Goelzer et al., 2021)

### **2.2.1. Introdução**

Os solos brasileiros do Cerrado apresentam altos níveis de acidez e, conseqüentemente, altos níveis de alumínio que podem causar danos ao desenvolvimento da planta pela baixa disponibilidade de cálcio e de magnésio trocáveis (Torres et al., 2017). Assim, a calagem corretiva pode ser uma prática adequada para a formulação do substrato para a produção de

plantas medicinais em cultivos *ex situ*. Isto porque, a adição de calcário ao substrato diminui sua acidez por meio de reações de equilíbrio relacionadas com o aumento do pH, aumentando os níveis de cálcio e magnésio disponíveis para as plantas e a atividade de bactérias benéficas (Rheinheimer et al., 2018; Auler et al., 2019). Pode haver aceleração da decomposição de resíduos e indução da liberação de outros nutrientes, principalmente do nitrogênio e do fósforo (Soratto e Cruscial, 2008), favorecendo o crescimento das plantas.

Outra prática utilizada na produção de plantas medicinais é o aproveitamento de resíduos orgânicos, como a cama de frango, que, quando adicionada ao solo e estando decomposta pode fornecer muito carbono e nutrientes, aumentando a atividade microbiológica em resposta à decomposição orgânica, conseqüentemente, tornando os nutrientes mais disponíveis para a absorção das plantas, além de contribuir na melhoria das capacidades de aeração e de retenção de água (Silva et al., 2014).

### **2.2.2. Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido com *Campomanesia xanthocarpa*, (Figura 4a) no Horto de Plantas Medicinais-HPM, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS. As plantas foram cultivadas em ambiente protegido, com estrutura modular, pré-fabricada e com lateral e tampa superior em polietileno, além de proteção da irradiância com “sombrite” 50%. A temperatura média era de 28 °C e a umidade relativa, de 70%.

A espécie foi identificada e uma exsicata foi depositada no Herbário da UFGD, sob n° 4644. As sementes foram obtidas de frutos coletados aleatoriamente de plantas mãe existentes no Assentamento Itamarati, em Ponta Porã - MS (Registro de Acesso n° A9CDAAE – CGEN-MMA, 15/10/2018). A propagação inicial foi feita por semeadura em bandejas de

poliestireno de 128 células, preenchidas com substrato Tropstrato®. As mudas foram transplantadas para vasos plásticos quando atingiram altura média de 8 cm e quando tinham idade média de 3 meses. As plantas permaneceram nos vasos até 180 dias após o transplante (Figuras 4b, c e d).



**Figura 4.** Ramos com folhas e frutos de *C. xanthocarpa* (a) e plantas ao longo do ciclo de cultivo (b, c e d). Fonte: Goelzer et al., 2021.

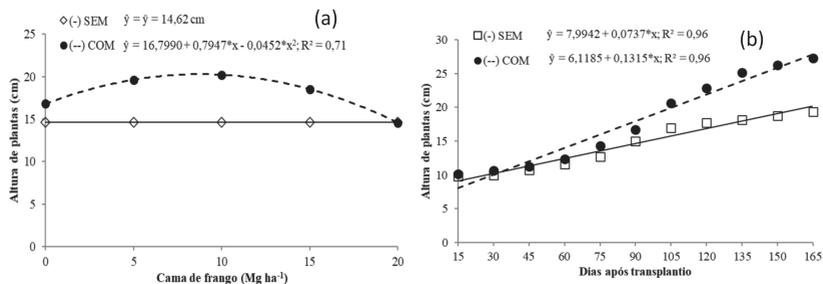
Os fatores em estudo foram doses de cama de frango semidecomposta (0; 5; 10; 15 e 20 Mg ha<sup>-1</sup>) e sem ou com calagem. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5x2, no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi formada por quatro vasos, preenchidos com 4 kg de Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa, contendo uma planta cada, totalizando 160 plantas.

Durante o ciclo de cultivo, entre 15 e 165 dias após o transplante (DAT), a cada 15 dias foram medidas as alturas das plantas e o diâmetro da haste na altura do coleto. Após 180 DAT, todas as plantas foram colhidas e determinadas o comprimento da maior raiz e as áreas de folhas e de raízes. Para obter as massas secas das folhas, dos caules e das raízes, os materiais vegetais correspondentes foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60 ± 5°C, até obter massa constante, sendo realizada a

pesagem do material seco. Foi feito cálculo do índice de qualidade de Dickson.

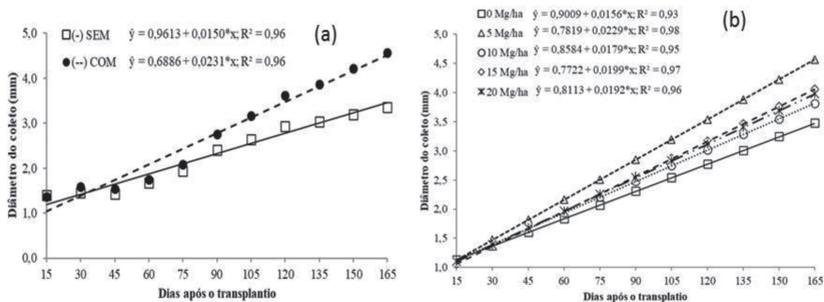
### 2.2.3. Resultados e discussão

A altura das plantas foi influenciada pela interação cama de frango e calagem, sendo a altura máxima de 19,46 cm quando cultivada em substrato corrigido e com 9,03 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de frango. Por outro lado, os dados das plantas cultivadas sem calagem não se enquadraram no modelo de cálculo matemático testado e apresentaram média de 14,62 cm (Figura 5a). Também, foi verificado que houve efeito da interação tempos de avaliação com a calagem, sendo a maior altura de 27,82 cm das plantas cultivadas em substrato com calagem, aos 165 DAT (Figura 5b).



**Figura 5.** Altura de plantas de *C. xanthocarpa* cultivadas em substrato sem ou com calagem e cama de frango (a) e sem e com calagem ao longo do ciclo de cultivo (b).

O diâmetro do coleto das plantas foi influenciado pelas interações entre a calagem e os DAT, e pelas doses de cama de frango e DAT. Os maiores diâmetros foram de 4,51 das plantas cultivadas com calagem (Figura 6a) e 4,57 mm com 5 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de frango (Figura 6b), respectivamente, ambos aos 165 DAT.



**Figura 6.** Diâmetro do coleto de plantas de *C. xanthocarpa* cultivadas em substrato sem e com calagem (a) e com diferentes doses de cama de frango (b), ao longo do ciclo de cultivo.

A área foliar, a massa seca de folhas e o índice de qualidade de Dickson foram influenciados apenas pelo uso ou não de calagem do substrato, com valores mais altos quando a calagem foi realizada (Tabela 2). A área da raiz e a massa seca do caule foram influenciadas pelos fatores isoladamente, obtendo-se os maiores valores quando foi feita a calagem no substrato (Tabela 2). Os dados relacionados com as doses de cama de frango não se enquadraram nos modelos matemáticos testados, com médias de 26,56 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> e 0,87 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. A massa seca de raízes apresentou efeito da interação entre cama de frango e o uso ou não de calagem no substrato, sem ter obtido ajustes dos dados aos modelos matemáticos utilizados, com médias de 0,83 e 1,67 g planta<sup>-1</sup>, sem e com calagem, respectivamente.

**Tabela 2.** Área foliar e de raiz, massa seca de folha e de caule e Índice de qualidade de Dickson de plantas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas em substratos sem e com calagem.

Calagem	Área (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )		Massa seca (g planta <sup>-1</sup> )		IQD
	Foliar	Radicular	Folha	Caule	
Sem	135,79 b	16,39 b	0,82 b	0,58 b	2,03 b
Com	248,31 a	36,73 a	1,50 a	1,17 a	2,43 a
C.V. (%)	50,31	42,79	54,01	40,31	25,62

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste t de Student a 5%.

IQD = Índice de qualidade de Dickson. C.V. (%) - Coeficiente de variação

As plantas de *Campomanesia xanthocarpa* tiveram seu desenvolvimento otimizado com a calagem dos substratos e com a incorporação de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de frango.

### **2.3. Crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* sob regimes hídricos e polímeros retentores (Santos et al., 2021)**

#### **2.3.1. Introdução**

Com a redução da disponibilidade de água no solo, as características de crescimento das mudas são reduzidas devido à instabilidade do metabolismo foliar e danos à reação central do fotossistema II (FS II) (Khatri e Rathore, 2019; Reis et al., 2020), impedindo a formação inicial das mudas. Agentes de mitigação de estresse ambiental são necessários nestas situações a fim de manter a qualidade das mudas de árvores. Portanto, o uso de hidrogeis pode ser uma alternativa para mudas cultivadas em áreas de recuperação de florestas degradadas, auxiliando no sucesso das atividades da silvicultura (Fonseca et al., 2017)

#### **2.3.2. Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Horto de Plantas Medicinais-HPM, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS, utilizando a espécie *Campomanesia xanthocarpa*, cuja exsicata está depositada no Herbário da UFGD (DDMS) sob nº 4644. Frutos maduros desta espécie foram coletados de matrizes de populações naturais (Registro de Acesso nº A9CDAAE-CGEN-MMA) no Assentamento Itamarati, município de Ponta Porã, MS, Brasil.

Os frutos foram despulpados manualmente e as sementes imersas em solução de hipoclorito de sódio (2%) por 5 min. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno de 72 células preenchidas com Tropstrato®. Quando as mudas

atingiram 3,0 cm de altura, 60 dias após a semeadura, foram transferidas para tubos de polietileno de 290 cm<sup>3</sup> e permaneceram no viveiro com 50% de sombreamento e irrigação diária. Ao atingirem altura média de 6,0 cm, foram transferidas para vasos plásticos preenchidos com 1,5 kg de Latossolo Vermelho Distrófico + areia (3:1, v/v), com água e hidrogel nas porções correspondentes. Os vãos permaneceram em viveiro com 30% de sombreamento, com proteção adicional contra chuva por coberturas plásticas superiores e laterais.

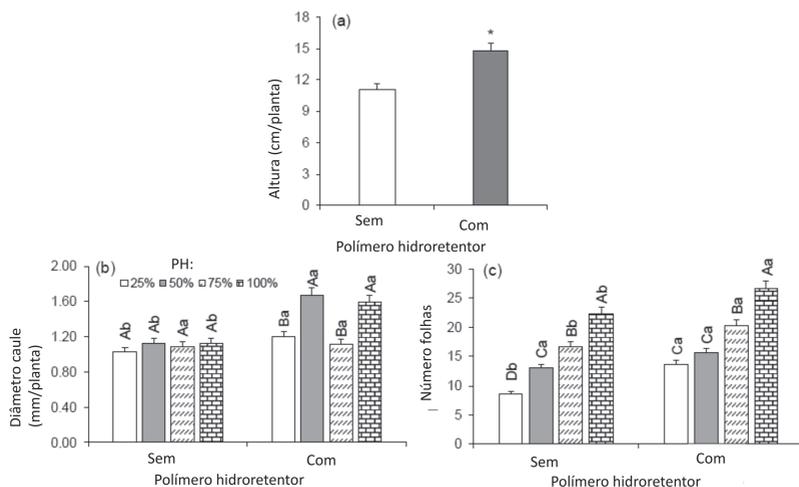
As mudas foram cultivadas com quatro regimes hídricos, com base na capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos: 25%, 50%, 75% e 100%, e foram adicionados ou não ao substrato polímeros retentores de água (PRA). Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4 × 2, no delineamento experimental blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro vasos contendo uma planta cada

Durante o crescimento das plantas foram determinados a altura, o diâmetro do caule e o número de folhas (NL). Aos 60 dias após o transplante as mudas foram colhidas, separadas em folhas, caules e raízes, e a área foliar foi determinada. As massas frescas dos diferentes órgãos foram acondicionados em estufa com circulação forçada de ar a  $60 \pm 5$  °C até atingir massa seca constante quando foram pesadas e somados para determinar a massa seca total da planta.

### **2.3.3. Resultados e discussão**

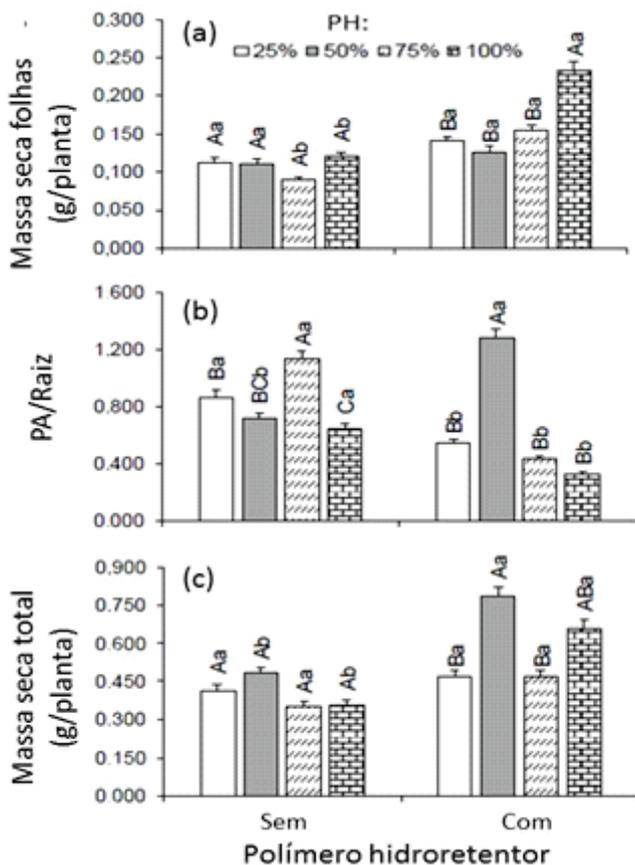
A altura das mudas foi maior (14,85 cm) com PRA, independente do CRA (Figura 7a). O diâmetro do caule foi maior sob 50% e 100% CRA com PRA quando comparado aos mesmos regimes hídricos na ausência de PRA (Figura 7b). À medida que o CRA aumentou nos substratos, o número de folhas também aumentou, principalmente sob 100% sem e com PRA (22 e 27 folhas, respectivamente). Mudas cultivadas com PRA

apresentaram valores mais expressivos que diferiram estatisticamente daquelas sem PRA dentro dos regimes de 25%, 75% e 100% CRA (Figura 7c).



**Figura 7.** Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) em mudas de *C. xanthocarpa* em função da associação polímero hidrorretentor (PH) e capacidade de retenção de água – CRA no substrato. Letras maiúsculas comparam os diferentes CRA dentro do uso do PRA (Tukey,  $p < 0,05$ ) e letras minúsculas comparam o uso do PRA dentro de cada CRA (\*Teste Bonferroni t,  $p < 0,05$ ).

A maior massa seca de folhas (0,234 g/planta) foi das mudas produzidas sob 100% CRA com PRA (Figura 8a), enquanto os regimes hídricos sem PRA não diferiram estatisticamente. A relação parte aérea/raiz (PA/Raiz) foi maior sob 75% e 50% CRA, sem e com PRA, respectivamente. Notar que quando o PRA foi adicionado ao substrato, diferentes regimes hídricos, exceto 50% CRA, retornaram valores estatisticamente maiores quando comparados às mudas sem hidrogel (Figura 8b). As mudas apresentaram maiores rendimentos de massa seca total sob 50% e 100% CRA, ambos com PRA (Figura 8c).



**Figura 8.** Massa seca total em mudas de *C. xanthocarpa* em função da associação de polímero hidrorretentor (PH) e capacidade de retenção de água – CRA no substrato. Letras maiúsculas comparam os diferentes CRA dentro do uso do PRA (Tukey,  $p < 0,05$ ) e letras minúsculas comparam o uso do PRA dentro de cada CRA (Teste Bonferroni t,  $p < 0,05$ ).

Concluiu-se que a adição do polímero retentor de água contribuiu para atenuar os efeitos deletérios do estresse hídrico e a capacidade de retenção de água de 50% promoveu maiores indicadores morfofisiológicos e qualidade das mudas de *Campomanesia xanthocarpa*.



## REFERÊNCIAS

AULER, A. C.; CAIRES, E. F.; PIRES, L. F.; GALETTO, S. L.; ROMANIW, J.; CHARNOBAY, A. C. Lime effects in a no-tillage system on Inceptisols in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 16, e00206, p. 1-11, 2019.

CAMARGO, S. M.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, H. R.; KORNDORFER, H. G.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de Cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 931-945, 2017

FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. C. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado *sensu stricto* com espécies nativas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20160227, p. 1-8, 2017.

GOELZER, A.; SILVA, O. B.; SANTOS, F. H. M.; SANTOS, C. C.; HEREDIA ZARATE, N.A.; VIEIRA, M. C. Photosynthetic performance, nutrition and growth of *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. in chicken manure substrate and liming. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 2, e20200005, 2021.

KHATRI, K.; RATHORE, M. S. Photosystem photochemistry, prompt and delayed fluorescence, photosynthetic responses and electron flow in tobacco under drought and salt stress. **Photosynthetica**, v. 57, n. 1, p. 61-74, 2019.

KLAFKE, J. Z.; SILVA, M. A.; PANINGAS, T. F.; BELLI, K. C.; OLIVEIRA, M. F.; BARICHELLO, M. M.; RIGO, F. K.; ROSSATO, M. F.; SANTOS, A. R. S.; PIZZOLATTI, M. G.; FERREIRA, J.; VIECILI, P. R. N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 127, p. 299-305, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 1. 384 p.

REIS, L. C.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; FORESTI, A. C.; SANTOS, C. C.; PEREIRA, Z. V. Chlorophyll-*a* fluorescence as an indicator of water stress, in *Calophyllum brasiliense*. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 1, n. 1, p. 210-220, 2020.

RHEINHEIMER, D. S.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; ZAFAR, M.; BRUNETTO, G. Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a long-term experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. **Geoderma**, v. 313, p. 7-16, 2018.

SANTOS, C. C.; SILVERIO, J. M.; SCALON, S. S. P.; VIEIRA, M. C. Hydrogel and water regimes in the chlorophyll-*a* fluorescence and growth of *Campomanesia xanthocarpa* seedlings. **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 330-337, 2021.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SILVA, B. V.; SILVA, A. P.; DIAS, B. O.; ARAUJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposicao e liberacao de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1537-1546, 2014.

SILVERIO, J. M.; ESPÍNDOLA, G. M.; SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. Phosphate fertilization and shading on the initial growth and photochemical efficiency of *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Floresta**, v. 50, n. 4, p. 1741 - 1750, 2020.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

TORRES D. M.; FONTES, M. A. L.; SAMSONAS, H. P. Soil-vegetation relationships in structuring cerrado sensu stricto communities in southern Minas Gerais, Brazil. **Rodriguésia**, v. 68, n. 1, p. 115-128, 2017.

ZUNINGA, A.; COQUEIRO, K. T. O.; SIQUEIRA, A. S. Capacidade antioxidante de frutos nativos do cerrado (*Hancornia speciosa*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Eugenia dysenterica*): uma breve revisão. **Revista Desafios**, v. 5, n. 1, p.128-134, 2018.





## Capítulo 3

# **Desenvolvimento, produção e atividade antioxidante da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi), em cultivo orgânico e mineral ou sob estresse**

Maria do Carmo Vieira<sup>1</sup>, Néstor Antonio Heredia-Zárate<sup>1</sup>; Vinícius Estevão Wilkomm<sup>1</sup>; Thiago de Oliveira Carnevali<sup>2</sup>; Silvia Cristina Heredia-Vieira<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Altamira, Pará, Brasil; <sup>3</sup>Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande-MS, Brasil.

E-mail: marivieira@ufgd.edu.br; nestorzarate@ufgd.edu.br; wilkomm@gmail.com; carnevali@ufpa.br; silviacristina\_85@hotmail.com

### **1. Introdução geral**

A planta da *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae) é conhecida popularmente como pimenta rosa, pimenta brasileira, aroeirinha, aroeira branca, aroeira pimenteira, aroeira vermelha e outros. A espécie é nativa do Brasil, Argentina e Paraguai. No Brasil, é pioneira em matas, vegeta desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, distribuindo-se por todo o litoral do Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil (Lorenzi e Matos, 2002; Lenzi e Orth, 2004).

A planta de pimenta rosa apresenta porte arbustivo de dois a três metros de altura, podendo ser arborescentes com até oito metros de altura (Figura 1a) e com tronco de 30 a 60 cm de diâmetro (Figura 1b). Os ramos são eretos ou apoiantes, flexíveis quando novos, pubescentes a vilosos ou glabros. Suas folhas são compostas, imparipenadas com pecíolos cilíndricos na parte inferior e mais ou menos alados. Os folíolos são oblongo-elípticos ou obovados, estreitos na base e obtusos ou

agudos ou ainda providos de um pequeno dente no ápice, cerrados, membranáceos e glabros. As flores são amarelópálidas pequenas, masculinas (Figura 1c) e femininas (Figura 1d) em panículas (Lorenzi e Matos, 2002). O florescimento ocorre de dezembro a abril e a frutificação, de maio a junho (Figuras e e f). Por ser uma planta dioica, sua estratégia de polinização é a alogamia, com transferência de pólen mediada exclusivamente por insetos polinizadores (Figura 1c), observando-se um grande e diversificado número de visitantes florais nas flores, durante todo o período de floração (Lorenzi e Matos, 2002; Lenzi e Orth, 2004). Por sua beleza, as plantas são usadas como ornamentais.



**Figura 1** – Plantas adultas de pimenta rosa (a), com destaque das cascas do tronco (b), flores masculinas com presença de polinizador (c) e femininas (d), frutos verdes (e) e maduros (f). Fonte: Acervo pessoal dos autores.

*S. terebinthifolia* não deve ser confundida com as plantas das outras espécies de aroeiras, destacando-se a *Lithraea molleoides* que é extremamente cáustica e causa lesões cutâneas. Para estes casos, as lavagens com o decocto das folhas da *S. terebinthifolia* são um remédio eficaz (Correa, 1952). As entrecasas são utilizadas em decocto contra candidíase, sendo aprovada pelo Ministério de Saúde do Brasil para prescrição no Sistema Único de Saúde (Brasil, 2013).

## **2. Estudos *ex situ***

Apesar de a planta de pimenta rosa ser utilizada como medicinal, na literatura ainda são escassas as informações sobre estudos com o cultivo *ex situ* da espécie que evitem que os frutos continuem sendo obtidos de forma extrativista.

### **2.1 Produtividade de *Schinus terebinthifolia* Raddi cultivada em sucessão a adubos verdes e com aplicação de bokashi (Wilkomm, 2019)**

#### **2.1.1. Introdução**

A cobertura do solo com resíduos orgânicos propicia menor perda de água por evaporação, diminui as oscilações da temperatura do solo além de reduzir a perda de nutrientes por lixiviação e melhorar os atributos físicos e químicos do solo (Kiehl, 2010). Já, com a incorporação de resíduos orgânicos ao solo, pode-se obter maior quantidade de água na área radicular total das plantas, pela maior capacidade de retenção hídrica do solo, com aumento da capacidade de absorção de água e de nutrientes pelas plantas, ao melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo. As fontes mais comuns de resíduos orgânicos são os adubos verdes, restos de culturas, esterco, compostos e outros. A escolha do resíduo orgânico a ser utilizado é em função de sua disponibilidade, variando entre as

regiões e da cultura na qual se fará seu emprego (Heredia Zárate et al., 2004).

Também, os biofertilizantes têm sido cada vez mais utilizados, por estimularem a microbiota do solo. Dentre os biofertilizantes, o bokashi é composto por materiais orgânicos fermentados, usando-se fonte de inóculo rico em microrganismos. O uso de adubos verdes e bokashi são técnicas que vêm sendo cada vez mais utilizadas no cultivo de espécies medicinais, por estarem integrados à produção orgânica e resultarem em melhorias químicas, físicas e biológicas do solo

O objetivo neste estudo foi avaliar a produtividade das plantas de pimenta rosa, cultivadas em sucessão a adubos verdes e com aplicação de bokashi sobre o solo.

### **2.1.2 Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. Foi estudada a planta de pimenta rosa, usando-se sementes extraídas de frutos colhidos aleatoriamente (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE) de plantas cultivadas no HPM da UFGD, cujo voucher está depositado no Herbário DDMS da UFGD, sob o número 4602. Os tratamentos no campo constituíram-se da cobertura vegetal do solo com os adubos verdes crotalária (*Crotalaria spectabilis*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e milho (*Cenchrus americanus*), além da testemunha (vegetação espontânea) e com a aplicação do biofertilizante bokashi sobre o solo, em oito aplicações de 100 L ha<sup>-1</sup> cada. O arranjo experimental foi em esquema fatorial 4 x 2, no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas tinham área útil de 8,0 m<sup>2</sup>, sendo 4,0 m de comprimento e 2,0 m de largura.

Foram semeados os adubos verdes visando o corte após a semeadura na mesma época, sendo respeitado seu período de florescimento [estilosantes – 100 dias após a semeadura (DAS);

crotalária – 90 DAS; milho – 60 DAS, todos conforme recomendação do fabricante]. Quando as plantas apresentavam aproximadamente 50% de floração foram cortadas rente ao solo (Figura 2a), deixadas como cobertura do solo. Parte do material foi colocado em litter bags (Figura 2b) e deixados sobre o solo, para avaliação da decomposição. O bokashi foi ativado conforme recomendação do fabricante, utilizando-se 10% do biofertilizante FertBokashi®, 10% de açúcar mascavo e 80% de água não clorada, permanecendo por 15 dias em repouso, em recipiente escuro e fechado. As aplicações foram feitas a cada 30 dias, até os 240 dias após o transplante – DAT, sendo a primeira imediatamente após o transplante das mudas de pimenta rosa. As mudas de pimenta rosa foram propagadas inicialmente em bandejas de polietileno de 128 células, preenchidas com substrato Bioplant® para hortaliças, colocadas sob sombrite 50%. Aos 70 dias após a semeadura, foram repicadas para tubetes. O transplante ao local definitivo (Figura 2c) ocorreu quando apresentavam 15,0 cm de altura média, o que ocorreu aos 105 dias após a semeadura e cinco dias após o corte (DAC) das espécies de adubos verdes. O espaçamento entre plantas de pimenta rosa e fileiras foi de 1,0 x 1,0 m. As plantas de pimenta rosa (Figura 2d) foram avaliadas quanto à sua altura, diâmetro e índice de clorofila a cada 30 dias após o transplante - DAT até os 270 DAT, momento em que se realizou o corte das plantas para mensuração da produtividade de massa de folhas, frutos e caule.

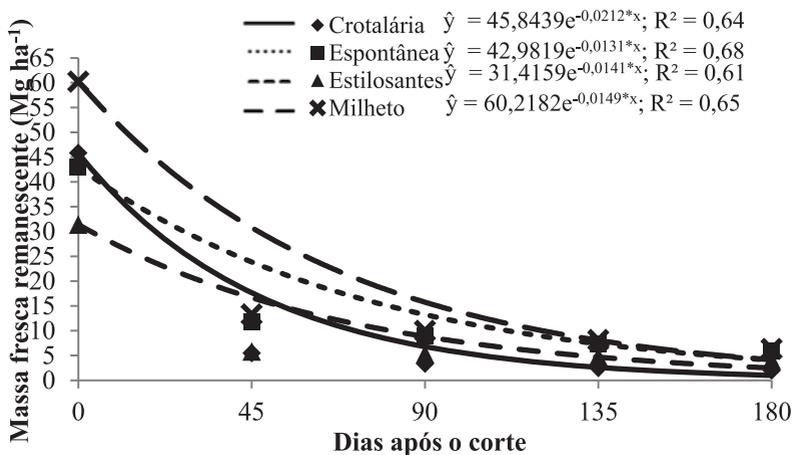


**Figura 2** - Área de cultivo da *Schinus terebinthifolia*, com detalhes do corte dos adubos verdes (a), litter bags (b), transplante das mudas (c) e plantas em desenvolvimento no campo (d). Fonte: (a), (b) e (c): Wilkomm (2017); (d) Silva et al. (2017).

## **2.1.3 Resultados e discussão**

### **2.1.3.1 Produção de massa e decomposição dos adubos verdes**

As maiores massas frescas (Figura 3) e secas dos adubos verdes foram observadas logo após o seu corte (0 DAC), sendo a maior massa fresca as das plantas de milho (60,22 Mg ha<sup>-1</sup>) seguida da crotalária (45,84 Mg ha<sup>-1</sup>), da vegetação espontânea (42,98 Mg ha<sup>-1</sup>) e do estilosantes (31,42 Mg ha<sup>-1</sup>). Os resultados das massas secas foram, parcialmente, diferentes, uma vez que as maiores massas secas foram das plantas de milho (13,00 Mg ha<sup>-1</sup>) seguidas da vegetação espontânea (8,72 Mg ha<sup>-1</sup>), da crotalária (6,14 Mg ha<sup>-1</sup>) e do estilosantes (6,06 Mg ha<sup>-1</sup>).



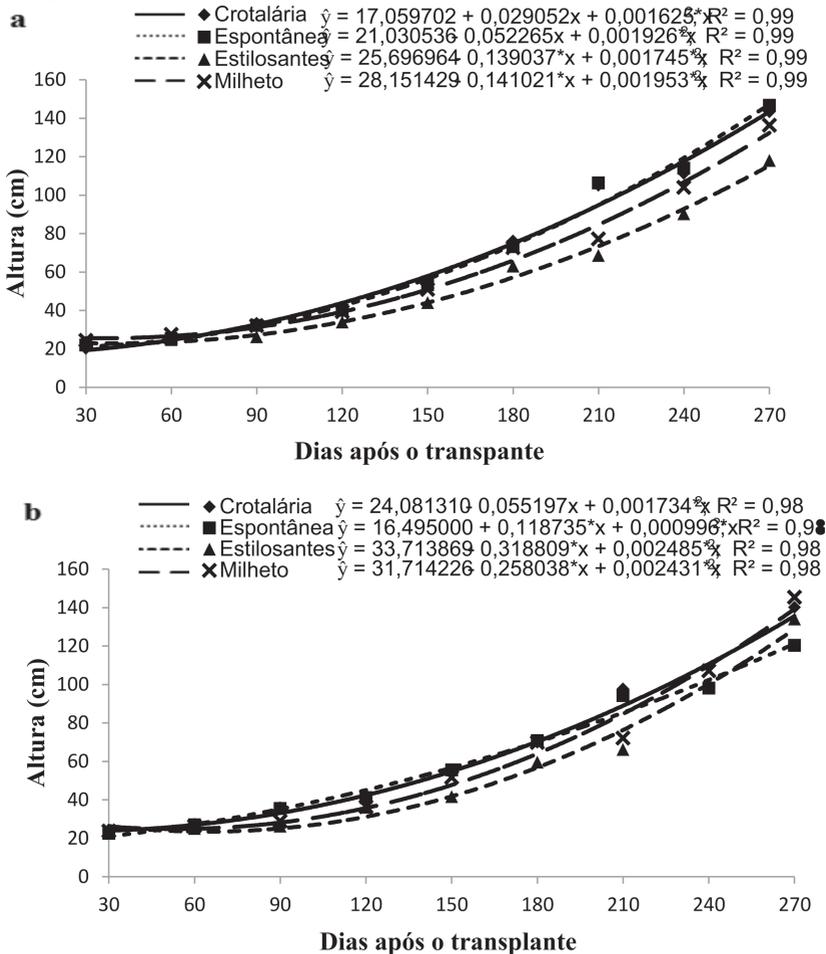
**Figura 3** – Massa fresca remanescente de plantas de adubos verdes cortados na floração e depositados em “litter bags” na superfície do solo, em função de dias após o corte, durante o cultivo das plantas de pimenta rosa. Médias em função do uso de bokashi foram agrupadas. \*Significativo a 5% de probabilidade.

As massas frescas remanescentes dos adubos verdes aos 180 DAC foram, em ordem decrescente, de 4,12 Mg ha<sup>-1</sup> do milho; 4,07 Mg ha<sup>-1</sup> da vegetação espontânea; 2,48 Mg ha<sup>-1</sup> do estilosantes e 1,01 Mg ha<sup>-1</sup> da crotalária; porém, a maior massa seca remanescente (0,26 Mg ha<sup>-1</sup>) no mesmo período, foi apresentada pela vegetação espontânea, seguida do milho (0,20 Mg ha<sup>-1</sup>), do estilosantes (0,10 Mg ha<sup>-1</sup>) e da crotalária (0,03 Mg ha<sup>-1</sup>).

### 2.1.3.2 Crescimento das plantas de pimenta rosa

A altura das plantas de pimenta rosa apresentou crescimento quadrático (Figura 4), sendo a maior altura (147,32 cm) das plantas cultivadas em sucessão à vegetação espontânea e com aplicação de bokashi (Figura 4a), aos 270 dias após o transplante (DAT), seguidas das cultivadas em sucessão à crotalária e com aplicação de bokashi (143,37 cm) (Figura 4a), milho e sem aplicação de bokashi (139,25 cm) (Figura 4b),

c/rotalária e sem aplicação de bokashi (135,59 cm) (Figura 4a), milho e com aplicação de bokashi (132,45 cm) (Figura 4a), estilosantes e sem aplicação de bokashi (128,79 cm) (Figura 4b), vegetação espontânea e sem aplicação de bokashi (125,16 cm) (Figura 4b).



**Figura 4** – Altura das plantas de pimenta rosa, cultivadas em sucessão a adubos verdes, com (a) ou sem (b) aplicação de bokashi. \*Significativo a 5% de probabilidade.

As plantas que foram cultivadas em sucessão à vegetação espontânea e com aplicação de Bokashi (Figura 4a) tiveram alturas maiores em 27,69% (31,95 cm) do que das plantas cultivadas em sucessão ao estilosantes e com aplicação de bokashi, que tiveram o menor valor, de 115,37 cm.

### 2.1.3.3 Produção de massa das plantas e dos frutos da pimenta rosa

As maiores áreas foliares e massas frescas de folhas das plantas de pimenta rosa foram das cultivadas em sucessão à vegetação espontânea e com aplicação de bokashi. O contrário aconteceu quando se compararam entre os adubos verdes, que foram significativamente diferentes, sendo que as plantas cultivadas em sucessão à crotalária, estilosantes e principalmente ao milheto, que apresentaram as menores produções com o uso de bokashi (Tabela 1)

**Tabela 1** – Área foliar, massas frescas (MF) de folhas e frutos e massa seca (MS) de frutos de plantas de pimenta rosa aos 270 DAT, cultivadas em sucessão a adubos verdes e com aplicação de bokashi.

Atributos	Bokashi	Adubos verdes			
		Milheto	Estilosantes	Crotalária	Espontânea
Área foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Com	4.709,60 Ab	5.482,11 Ab	4.818,00 Ab	11.975,04 Aa
	Sem	6.766,07 Ab	6.504,00 Ab	5.098,06 Ab	9.710,24 Ba
C.V. (%)		20,24			
MF folhas (g planta <sup>-1</sup> )	Com	152,54 Ab	166,34 Ab	171,75 Ab	386,46 Aa
	Sem	166,57 Ab	207,16 Ab	209,27 Ab	315,46 Ba
C.V. (%)		17,24			
MF frutos (g planta <sup>-1</sup> )	Com	33,75 Ab	21,07 Ab	75,62 Aa	80,82 Aa
	Sem	34,37 Ab	23,65 Ab	22,80 Bb	55,50 Ba
C.V. (%)		36,05			
MS frutos (g planta <sup>-1</sup> )	Com	18,15 Ab	9,75 Ab	34,97 Aa	40,32 Aa
	Sem	19,90 Aa	10,30 Aa	11,32 Ba	22,85 Ba
C.V. (%)		40,22			

\*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas colunas dentro de cada característica e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes t e Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade.

As plantas de pimenta rosa produziram mais massa de folhas e frutos quando cultivadas em sucessão à vegetação espontânea e com aplicação de bokashi, enquanto que de caule foi maior sem o uso de bokashi.

## **2.2 Desenvolvimento e Produção e atividade antioxidante de plantas da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) cultivadas em solo com resíduos orgânicos adicionados de diferentes formas** (Wilkomm e Ferreira, 2017; Volpini-Klein et al., 2017).

### **2.2.1 Introdução**

Alguns estudos realizados com inúmeras espécies de plantas têm mostrado que diferentes técnicas agronômicas podem ser utilizadas para aumentar a produção das plantas, dentre elas, tem-se o uso de resíduos orgânicos em doses adequadas, o que possibilitaria um maior equilíbrio entre a produção e o meio ambiente. Ao enriquecer o solo com matéria orgânica, estimula-se a multiplicação de microrganismos benéficos e espera-se manter o equilíbrio entre as pragas e seus inimigos naturais, evitando-se ou diminuindo o uso de agroquímicos (Silva, 2008). Os tratamentos culturais interferem também na produção das plantas, especialmente, das medicinais, podendo contribuir para aumentar a produção dos princípios ativos (Souza et al., 2006).

### **2.2.2 Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. Foi estudada a pimenta rosa, cujo voucher está depositado no Herbário DDMS, da UFGD, sob número 4602. Os tratamentos no campo constituíram-se da adição ao solo de cama de frango semidecomposta ou composto OrganoSuper®, em cobertura (10

Mg ha<sup>-1</sup>), incorporado (10 Mg ha<sup>-1</sup>) ou em cobertura (5 Mg ha<sup>-1</sup>) + incorporado (5 Mg ha<sup>-1</sup>), além de suas testemunhas. Os tratamentos foram arrançados como fatorial 2 (resíduos) x 3 (formas de adição) + 2 (testemunhas).

A propagação foi feita a partir de sementes colhidas no HPM, sendo as mudas preparadas em casa de vegetação, em bandejas de 162 células preenchidas com substrato Bioplant®. Os tratamentos culturais nas bandejas compreenderam irrigações diárias e controle de plantas infestantes, manualmente.

Para o plantio no local definitivo, os canteiros foram preparados com rotoencanteirador, sendo posteriormente aplicados os resíduos orgânicos, nas formas previstas, em cobertura e, ou incorporados. A cama de frango foi com base em casca de arroz e adquirida no aviário da UFGD, cuja composição química foi (%): 39,5 de C orgânico; 2,1 de P total; 1,1 de K total; 2,6 de N total; 3,8 de Ca total, 1,1 de Mg total e relação C/N de 14/1. O OrganoSuper® foi doado pela Empresa Organoeste, com composição de (%): 6,72 de N, 4,27 de P, 0,42 de K, 2,75 de Ca, 0,4 de Mg, 0,86 de S, 0,02 de Zn, 0,003 de Cu, 0,04 de Mn, 1,39 de Fe, 0,27 de Si, 25,53 de C, 1,44 % de C orgânico, 4/1 relação C/N, pH 8; 7,5 de umidade a 65°C e 45,96 de matéria orgânica total.

O transplante das mudas foi realizado quando apresentavam cerca de 10 cm de altura, aos 105 dias após a semeadura. Aos 70 dias após a aplicação dos resíduos orgânicos no solo, foram realizadas amostragens de solo, dentro das parcelas correspondentes a cada tratamento. As avaliações de altura e diâmetro do caule das plantas de pimenta rosa foram realizadas em intervalos de 15 dias até os 225 dias após o transplante - DAT. Os frutos foram colhidos aos 230 DAT após o transplante das mudas, quando avaliaram-se suas massas frescas. Foram colhidas duas plantas competitivas de cada parcela aos 260 DAT para mensuração da massa de folhas e caule e quantificação da área foliar.

Os frutos maduros foram desidratados, triturados e submetidos à extração em metanol utilizando ultrassom por 60 minutos. Análise da atividade antioxidante (D'Sousa et al.,

2015) foi realizada monitorando-se o consumo do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 570 nm, tendo como controle positivo a rutina. Foram preparadas concentrações de 10 a 0,625  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , dos extratos obtidos de cada tratamento. O teste foi realizado em triplicata e, após a leitura, a capacidade de sequestrar o radical livre foi expressa através do valor da concentração inibitória mínima (IC50).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foram submetidos ao teste de Tukey em função das formas de adição dos resíduos orgânicos ou à regressão em função dos dias após o transplante, todos até 5% de probabilidade.

## 2.2.3 Resultados

### 2.2.3.1 Na composição química do solo

Os resultados dos atributos químicos do solo são apresentados na Tabela 2.

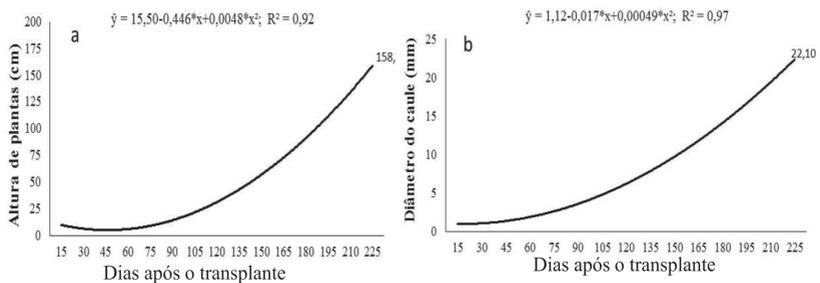
**Tabela 2** – Resultados da análise do solo da área experimental, 70 dias após o uso da cama de frango (C) e do OrganoSuper® (O), nas formas incorporada (i), em cobertura (c) e i + c.

Atributos Químicos <sup>1</sup>	Test.1	Test.2	Ci	Cc	Ci+c	Oi	Oc	Oi+c
pH CaCl <sub>2</sub>	5,31	5,24	5,43	5,82	5,53	5,68	5,54	5,93
pH H <sub>2</sub> O	6,12	5,92	6,08	6,42	6,17	6,30	6,18	6,52
P (mg dm <sup>-3</sup> )	17,96	15,83	19,76	28,63	17,69	49,14	57,65	72,97
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,47	0,43	0,48	0,56	0,54	0,44	0,54	0,47
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,06	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,06
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,21	2,88	3,19	3,72	3,33	3,31	3,76	4,10
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,37	2,41	2,63	3,18	2,57	2,21	2,55	2,85
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,57	2,41	2,50	2,42	2,78	2,99	3,03	2,42
pH SMP	6,59	6,56	6,75	6,78	6,65	6,58	6,57	6,78
S.B. (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,21	5,73	6,30	7,46	6,44	5,96	6,85	7,42
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,83	8,79	8,80	9,88	9,22	8,95	9,88	9,84
Sat. de bases (%)	65,18	65,20	71,58	75,49	69,85	66,54	69,36	75,39

<sup>1</sup>Análises feitas no laboratório de solos da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) – UFGD.

### 2.2.3.2. Características das plantas

A maior altura de plantas (158,0 cm) e o maior diâmetro do caule (22,10 mm) foram obtidos aos 225 DAT, com curvas de crescimento quadráticas (Figuras 5a e 5b), demonstrando que prevaleceu o efeito do componente genético característico da espécie aumentando a altura e o diâmetro do caule com o aumento da idade da planta.



**Figura 5** – Altura (a) e diâmetro do caule (b) de plantas de pimenta rosa ao longo do ciclo. Dados em função de resíduos orgânicos e formas de adição ao solo foram agrupados. Fonte: Wilkomm (2017).

As massas frescas de folhas, caules e frutos e a área foliar foram influenciadas pela interação das formas de adição e tipos de resíduos orgânicos bem como pelo uso ou não do resíduo orgânico (Tabela 3). As maiores produções de frutos (519,20 g/planta) foram obtidas ao utilizar OrganoSuper® na forma de cobertura. Para as massas frescas de folhas, caules e área foliar os maiores valores foram obtidos com a adição de OrganoSuper® na forma incorporada mais cobertura, perfazendo valores de 731,80 g/planta; 990,30 g/planta e 14600,97 cm<sup>2</sup>/planta, respectivamente). Esse fato pode estar associado ao maior teor de N e P disponíveis a planta, pelo uso do OrganoSuper®.

**Tabela 3** – Massas frescas de frutos, folhas e caule (g/planta) e área foliar (cm<sup>2</sup>/planta) de plantas de pimenta rosa cultivadas em solos com diferentes formas de adição de resíduos orgânicos.

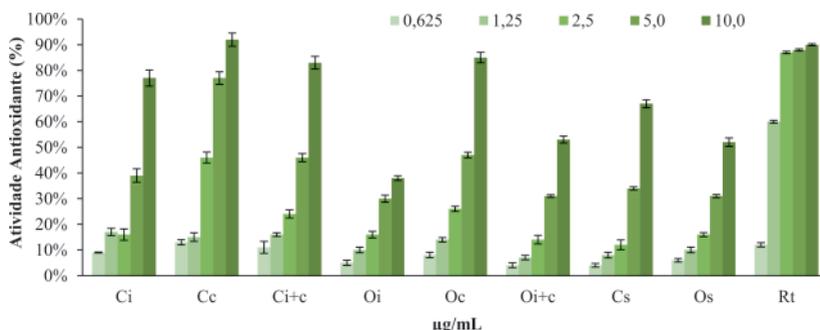
Massas frescas	Resíduos Orgânicos	Forma de adição do resíduo			C.V.(%)
		Incorporada	Cobertura	Inc.+Cob.	
Frutos	Cama de frango	137,53 Ba	359,90 Aa	374,75 Aa	56,24
	Organosuper®	474,90 Aa	519,20 Aa	330,15 Aa	
Folha	Cama de frango	361,97 Aa	281,87 Aa	203,00 Ba	32,75
	Organosuper®	531,33 Aab	297,40 Ab	731,80 Aa	
Caule	Cama de frango	623,43 Ba	380,97 Aab	309,20 Bb	1,62
	Organosuper®	845,53 Aa	447,10 Ab	990,30 Aa	
Área foliar	Cama de frango	7830,07 Aa	5903,86Aa	4629,75 Ba	33,60
	Organosuper®	11202,23 Aab	6191,21 Ab	14600,97 Aa	

Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O uso de resíduos orgânicos propicia plantas com melhor desenvolvimento e maiores produções de massas frescas de caules, folhas e frutos. Comparando-se os dois resíduos orgânicos, o Organosuper® resultou em melhor produção de frutos de pimenta rosa do que a cama de frango na forma incorporada. A produção de frutos de pimenta rosa ainda está relacionada ao número de plantas femininas presentes no experimento, sendo constatado que o as femininas estavam em quantidade inferior (64) ao de masculinas (86).

### 2.2.3.3. Atividade antioxidante dos frutos

Frutos de plantas cultivadas com cama de frango em cobertura apresentaram maior capacidade de sequestrar radicais livres, enquanto os frutos em que as plantas foram cultivadas com Organosuper® incorporado foram os menos ativos, quando comparado ao padrão rotina e aos demais tratamentos (Figura 6 e Tabela 4) (Volpini-Klein et al., 2017).



**Figura 6.** Atividade antioxidante obtida para os extratos de *S. terebinthifolia* e padrão rutina. Fonte: Volpini-Klein et al. (2017).

Tabela 4. Concentração inibitória (IC50) da atividade antioxidante de *S. terebinthifolia*

Resíduo orgânico	(IC50) µg mL <sup>-1</sup>
Cama de frango Incorporada - Ci	64,7
Cama de frango Cobertura - Cc	40,72
Cama de frango Ci + Cc	57,29
Organosuper® Incorporado - Oi	128,24
Organosuper® Cobertura - Oc	56,36
Organosuper® Oi + Oc	92,54
Testemunha 1 (sem cama de frango) - Cs	56,71
Testemunha 2 (sem Organosuper®) - Os	94,17
Rutina - Rt	10,22

Fonte: Volpini-Klein et al. (2017).

A atividade antioxidante dos frutos da pimenta rosa foi maior daqueles de plantas cultivadas com cama de frango em cobertura.

## 2.3 Gesso e fósforo influenciam o crescimento inicial da *Schinus terebinthifolia* Raddi (Carnevali et al., 2020)

### 2.3.1 Introdução

As exigências nutricionais das espécies nativas são diferentes e há espécies nas quais o crescimento é totalmente limitado na ausência de nutrientes. Isso faz com que os

silvicultores tenham dificuldades para investir no plantio de espécies nativas, pois as informações agronômicas, principalmente as nutricionais e outras, ainda não são precisas. Em solos brasileiros tanto a acidez quanto altos teores de alumínio são comuns, tanto na superfície como nas mais profundas camadas do solo. Nestes solos altamente intemperizados, há baixa capacidade de troca de cátions e disponibilidade de nutrientes, assim como há alta adsorção de fósforo devido aos óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) (Eberhardt et al., 2008; Carnevali et al., 2016).

O uso de gesso agrícola é recomendado para melhorar o ambiente para as raízes das plantas porque em muitos casos reduz a toxicidade do  $Al^{3+}$  e proporciona cátions em profundidade (Rampim et al., 2011; Ramos et al., 2013). No entanto, devido à falta de estudos com espécies nativas, ainda há dúvidas sobre as condições em que efeitos do gesso podem ser esperados e como recomendar o produto, que é utilizado apenas como complemento à fertilização.

A pimenta rosa é uma espécie arbórea da Mata Atlântica brasileira, indicada em programas de reflorestamento, servindo para sombreamento de espécies secundárias tardias e clímax; além disso, seus frutos também servem de alimento para pássaros (Andrade e Boaretto, 2012).

### **2.3.2 Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. Utilizaram-se colunas de lixiviação de 150 mm de diâmetro × 60 cm de altura, divididas em seis anéis de 10 cm. Os substratos foram preparados com amostras de solo coletadas do horizonte Bw de um Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa e caracterizados química e fisicamente. O solo teve as seguintes características:

pH (H<sub>2</sub>O) = 4,5; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,2; Matéria orgânica (MO) = 8,0 g kg<sup>-1</sup>; P = 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Mehlich 1); K = 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Mehlich 1); Ca = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 1,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 7,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 0,65 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T = 8,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% = 7,9; Cu = 5,2 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 3,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 38,2 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 0,7 mg dm<sup>-3</sup>; argila = 644 g kg<sup>-1</sup>, silte = 203 g kg<sup>-1</sup> e areia = 153 g kg<sup>-1</sup>.

Os tratamentos consistiram em quatro doses de gesso (0; 750; 1.500 e 2.250 mg kg<sup>-1</sup>, correspondendo a 0; 1.200; 2.400 e 3.600 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0; 41,7; 83,4 e 125,1 mg kg<sup>-1</sup>, correspondendo a 0; 100; 200, e 300 kg ha<sup>-1</sup>, fonte superfosfato triplo) arrançados como fatorial 4 × 4, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

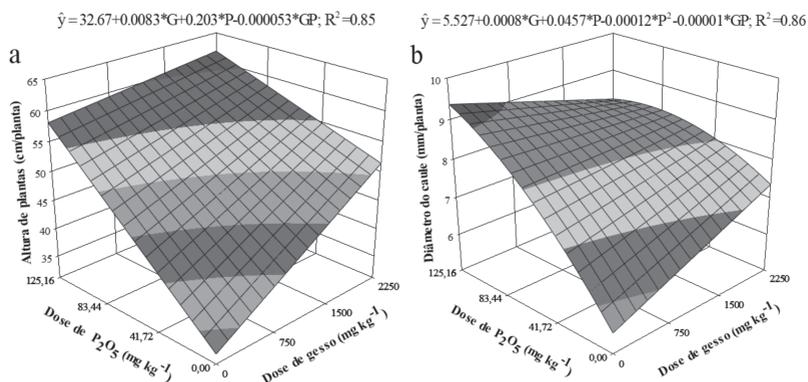
As mudas foram inicialmente formadas usando sementes colhidas de plantas de pimenta rosa, do HPM. Foram semeadas em bandejas de poliestireno com as células preenchidas com substrato comercial Bioplant®, mantidas sob 50% de sombreamento e irrigadas diariamente até alcançar aproximadamente 10 cm de altura, quando foram transplantadas para as colunas.

O desenvolvimento das plantas ocorreu até 165 dias após o transplante, quando foram avaliados altura de plantas, diâmetro do caule, massa seca de parte aérea e raízes e índice de qualidade de Dickson. Também, foram avaliados os teores de nutrientes das plantas.

### **2.3.3 Resultados e discussão**

#### **2.3.3.1 Desenvolvimento e qualidades das plantas**

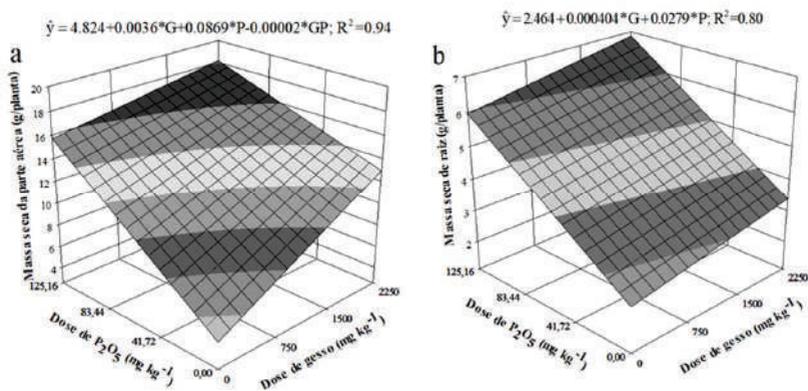
As maiores doses de gesso e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionaram a maior altura (61,8 cm) de plantas, enquanto o maior diâmetro do caule (9,36 mm) foi sob a maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 7).

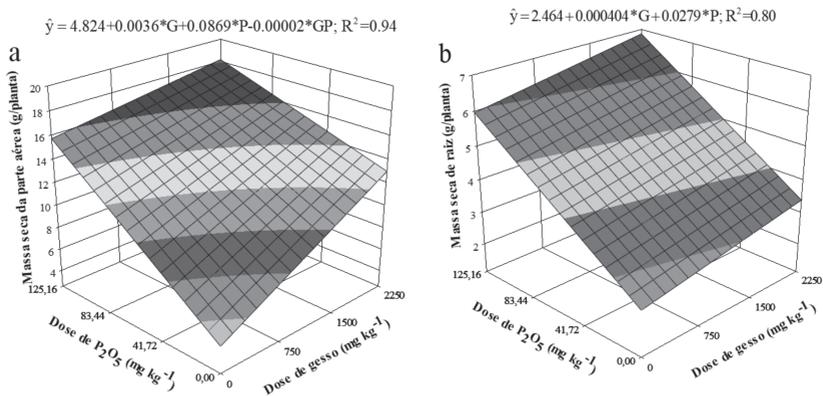


**Figura 7.** Altura da planta (a) e diâmetro do caule (b) da pimenta rosa aos 165 dias após o transplante em resposta a diferentes doses de gesso e de  $P_2O_5$ . \* Significativo a 5% pelo teste t.

Os níveis mais elevados de gesso e  $P_2O_5$  também proporcionaram maior área foliar ( $1.023,7 \text{ cm}^2$ ). No entanto, a razão de área foliar foi menor ( $31,46 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) na ausência de gesso e com maior dose de  $P_2O_5$ .

As maiores massas secas de parte aérea ( $18,2 \text{ g}$ ) (Figura 8a) e de raiz ( $6,8 \text{ g}$ ) (Figura 8b) foram obtidos com os maiores níveis de gesso e  $P_2O_5$ . O maior valor do índice de Dickson ( $2,52$ ) (Figura 8) foi obtido com os maiores níveis de gesso e de  $P_2O_5$ , indicando que este tratamento induziu maior qualidade.





**Figura 8.** Massa seca da parte aérea (a) e da raiz (b) e Índice de qualidade de Dickson de mudas da pimenta rosa, aos 165 dias após o transplante em resposta a diferentes doses de gesso e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. \* Significativo a 5% pelo teste t.

Concluiu-se que as características morfológicas e os teores de nutrientes das plantas obtidos aos 165 dias após o transplante mostraram-se adequados para avaliar o crescimento inicial e suas exigências nutricionais, indicando que as plantas são responsivas ao fósforo. Em síntese, a associação de gesso e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi benéfica e favoreceu a maior qualidade das plantas de pimenta rosa.

## **2.4 O ácido salicílico aumenta o crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolia* sujeitas a variados intervalos de irrigação** (Saracho et al., 2021)

### **2.4.1 Introdução**

As plantas da *Schinus terebinthifolia* (pimenta rosa) podem ser cultivadas em condições edafoclimáticas de diferentes tipos de vegetação e de manejos de sistemas (Saracho et al., 2021). As plantas jovens podem ter resposta negativa e/ou apresentar plasticidade em relação às condições adversas criadas por estressores induzidos pelo excesso ou pela

insuficiência no teor de água no solo, desempenhando um papel importante na limitação da sua sobrevivência e crescimento (Zang et al., 2014; Matos et al., 2018). Entre as diferentes agrotecnologias para diminuir os efeitos negativos da menor frequência de irrigação nas mudas, tem-se observado que a aplicação de ácido salicílico (AS) tem contribuído para melhorar o mecanismo de defesa da planta em resposta ao estresse hídrico (Agostine et al., 2013; Mazzuchelli et al., 2014).

Em função do exposto, a hipótese deste estudo foi de que, enquanto o estresse hídrico pode reduzir as características de crescimento das mudas, a aplicação de ácido salicílico pode diminuir esses efeitos deletérios e aumentar a tolerância e vigor das plantas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi o de avaliar o efeito da aplicação de doses de ácido salicílico em mudas da pimenta rosa submetidas a diferentes intervalos de irrigação.

#### **2.4.2 Material e métodos**

O experimento com a pimenta rosa foi realizado em ambiente protegido, no Horto de Plantas Medicinais, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. O desenvolvimento inicial das plântulas foi em bandejas de polietileno com 128 células, com substrato comercial Tropstrato®, sob sombrite de 50%.

Após 60 dias, ao atingirem 7,0 cm de altura, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 1,5 L, preenchidos com mistura de solo Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (Santos et al., 2018) e areia (3:1, v/v), contendo os seguintes atributos químicos: pH  $\text{CaCl}_2 = 5,67$ ;  $\text{P} = 27,92 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 0,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 8,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 2,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Al} = 0,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H} + \text{Al} = 2,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; soma de bases =  $11,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{CEC} = 13,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{S} = 4,22 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{B} = 0,48 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Fe} = 52,13 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Cu} = 3,90 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Mn} = 78,60 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Zn} = 1,75 \text{ mg dm}^{-3}$ ; matéria orgânica =  $20,82 \text{ g dm}^{-3}$  e saturação de bases (V%) = 82,6.

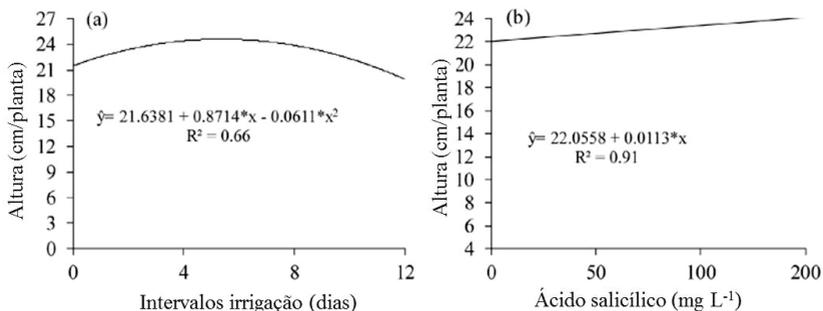
As mudas transplantadas foram mantidas sob ambiente protegido com sombrite 30% de sombreamento e com tela plástica de 150  $\mu\text{m}$  de espessura para proteger de precipitação. Quinze dias após o transplante (DAT) foi realizada adubação em cobertura com 50 mg de Uréia/kg solo<sup>-1</sup> (45% N). As mudas foram submetidas a quatro regimes de rega com base em diferentes intervalos de irrigação (0 - sem, 4, 8 e 12 dias). A irrigação foi realizada diariamente até 100% saturação, ou a cada 4, 8 e 12 dias, em combinação com a aplicação de ácido salicílico (SA) em quatro concentrações: 0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram arranjados no delineamento experimental blocos casualizados, no esquema fatorial 4  $\times$  4, com três repetições. Cada unidade experimental foi composta por quatro vasos com uma planta cada.

Aos 78 dias após início dos tratamentos, foram avaliadas altura de plantas e diâmetro do caule e colhidas as plantas para avaliação da área foliar, número de folhas e massas frescas e secas. Foram calculados relação altura/diâmetro e índice de qualidade e análise dos componentes principais.

### **2.4.3. Resultados e discussão**

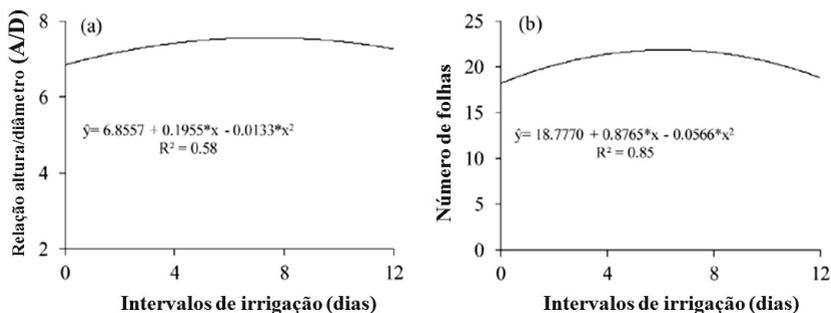
#### **2.4.3.1 Características das mudas**

A altura das plantas da pimenta rosa foi influenciada pelos fatores individualmente ( $p < 0,05$ ). Para os intervalos de irrigação, a altura máxima foi de 24,74 cm, com o intervalo de 7 dias e o mínimo foi de 19,00 cm com o intervalo de 12 dias (Figura 9a). Para as doses de ácido salicílico, a maior altura foi de 24,31 cm com a aplicação de 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico (Figura 9b).



**Figura 9.** Altura de plantas da *S. terebinthifolia* submetidas a diferentes intervalos de irrigação (a) ou doses de ácido salicílico (b). \* ( $p < 0,05$ ).

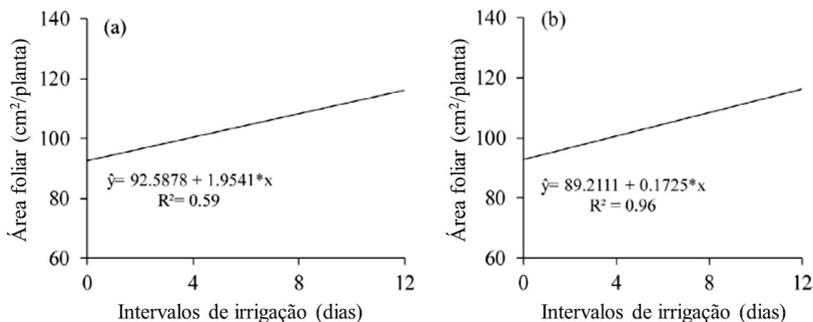
A relação altura/diâmetro-RAD foi afetada apenas pelos intervalos de irrigação, com valor máximo de 7,6 para os intervalos de 7 dias (Figura 10a) e o menor RAD ocorreu sem intervalos e com intervalos de 12 dias. O número de folhas, assim como no RAD, foi influenciado pelos intervalos de irrigação, sendo o máximo de 22 folhas por planta, alcançadas no intervalo de 8 dias entre irrigações (Figura 10b).



**Figura 10.** Relação altura/diâmetro – DPR (a) e número de folhas (b) em mudas de *S. terebinthifolia* submetidas a diferentes intervalos de irrigação. \* ( $p < 0,05$ ). Os dados em função do AS foram agrupados.

A área foliar das plantas da pimenta rosa foi influenciada pelos fatores individualmente, com a maior área registrada (116,03 cm<sup>2</sup>) nas plantas submetidas ao intervalo de irrigação de

12 dias (Figura 11a). Em relação ao efeito do ácido salicílico, o aumento na dose incentivou o aumento da expansão da área foliar, atingindo a maior (123,71 cm<sup>2</sup>) com 200 mg L<sup>-1</sup> (Figura 11b).



**Figura 11.** Área foliar de plantas da *S. terebinthifolia* submetidas a diferentes intervalos de irrigação (a) ou doses de ácido salicílico (b). \* ( $p < 0,05$ ).

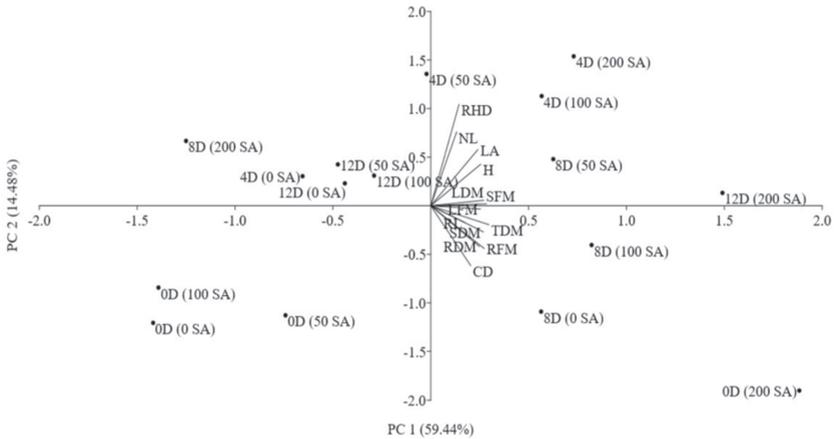
Sob irrigação diária, as plantas apresentaram maiores comprimento de raiz, com 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico. No intervalo de irrigação de 12 dias, o comprimento das raízes foi o maior com aplicação de 0 e 50 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico, com médias de 31,04 e 30,78 cm/planta, respectivamente.

Ao se considerar as massas frescas, os maiores valores de folhas, caules e raízes ocorreram nas plantas submetidas a 0 e 12 dias de intervalos de irrigação, com aplicação exógena de 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico. A massa seca total da planta apresentou o mesmo padrão dos órgãos vegetativos, com aplicações de 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> de AS, resultando em produção máxima (1,48 e 1,73 g/planta, respectivamente) aos 7 e 12 dias de intervalo de irrigação.

O índice de qualidade das mudas foi influenciado pela interação entre intervalos de irrigação e doses de ácido salicílico, com valor de 0,19 nos tratamentos sem intervalos e com 12 dias, ambos com 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico, calculados com as equações matemáticas quadráticas  $\bar{y} = 1,7122 - 0,2449*x +$

$0,0198 \cdot x^2$  ( $R^2 = 0,91$ ).

De acordo com os resultados da análise do componente principal (ACP), 73,92% da variabilidade dos dados foram explicados, com 59,44% no PC 1 e 14,48% no PC 2 (Figura 12).



**Figura 12.** Análise de componentes principais de características em mudas de *S. terebinthifolia* submetidas a diferentes intervalos de irrigação - dias (D) (0D, 4D, 8D e 12D) e doses de ácido salicílico (0 SA, 50 SA, 100 SA e 200 SA).

Em função dos dados obtidos concluiu-se que a aplicação exógena de 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico contribuiu para o aumento dos indicadores de crescimento e da qualidade de mudas da *S. terebinthifolia* cultivada com intervalos irrigação de 12 dias.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINE, E. A. T.; MACHADO-NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 2, p. 209-219, 2013.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 383-392, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. Relação Nacional de **Medicamentos Essenciais**: Renome 2013. 8. ed. – Brasília : Ministério da Saúde: 200. 2013.

CARNEVALI, N. H. S.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; VIEIRA, M. C.; SILVA, W. A. Gypsum and phosphorus influence the initial growth of *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 3, e20171229, 2020.

CARNEVALI, N. H. S.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal** v. 26, n. 2, p. 449-461, 2016.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, v. 6, p. 311, 1952.

D'SOUSA' COSTA, C.O.; RIBEIRO, P.R.; LOUREIRO, M.B.; SIMÕES, R.C.; DE CASTRO, R.D.; FERNANDEZ, L.G. Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial

activities of extracts prepared from different tissues of *Schinus terebinthifolius* Raddi that occurs in the coast of Bahia, Brazil.

**Pharmacognosy Magazine**, v.11, n. 43, p. 607-614, 2015.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARAES, M. F. Influencia da granulometria e da mineralogia sobre a retencao do fosforo em latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C.; ROSA JUNIOR, E. J.; SILVA, C. G. Forma de adição ao solo da cama-de-frango de corte semidecomposta para produção de taro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p. 111-117, 2004.

KIEHL, E. J. **Novos fertilizantes orgânicos**. 1. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2010. 248 p.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 198-201, 2004.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 1st ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. p. 511-544.

MATOS, F. S.; FREITAS, I. A. S.; SANTOS, L.VB, VENÂNCIO DG, SILVEIRA PS. Initial growth of *Dipteryx alata* plants under water deficit. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2018.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G.M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 443-450, 2014.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R. R.; GUIMARAES, P. T. G.; COSCIONE, A, R. Doses de gesso em cafeeiro: influencia nos teores de calcio, magnesio, potassio e pH na solucao de um Latossolo Vermelho distrofico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, 2013.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.

SARACHO, L. C. S.; LIMA, N. M.; SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. Salicylic Acid Increases Growth of *Schinus terebinthifolia* Seedlings Subjected to Varyng Irrigation Intervals. **Floram**, v. 28, n. 1, e20200004, 2021.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, cap.32, 2008. 598p.

SILVA, M. A.; AREVALO JÚNIOR, J. C.; COSTA, G. D.; LIMA, D. S. F.; ALMEIDA, L. M. F.; MATSUMOTO, L. S. Produção de diferentes forrageiras durante o outono na região norte do Paraná. **Revista Acadêmica de Ciência Animal, Bandeirantes**, v. 15, n. 2, p. 373-374, 2017.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 121, 2006.

VOLPINI-KLEIN, A. F. N.; LIMA, M. C. ; WILKOMM, V. E. ; VIEIRA, M. C. ; ZÁRATE, N. A. H. ; CARDOSO, C. A. L. ; SIMIONATTO, E. ; VIEIRA, S. C. H. Atividade antioxidante do extrato metanólico dos frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi - Anacardiaceae - em cultivos orgânicos. In: 1 Simpósio Científico sobre Recursos Naturais - SCRN, 2017, Dourados - MS.

WILKOMM, V. E. **Produtividade de *Schinus terebinthifolia* Raddi cultivada em sucessão a adubos verdes e com aplicação de bokashi.** 2019. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande, Dourados-MS.

WILKOMM, V. E.; FERREIRA, F. **Desenvolvimento e produção de plantas de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) cultivadas em solo com resíduos orgânicos adicionados de diferentes formas.** 2017. 26 p. Monografia (Trabalho de TCC). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

ZANG, C.; MEIER, C. H.; DITTMAR, C.; ROTCHE, A.; MENZEL, A. Patterns of drought tolerance in major European temperature forest trees: climatic drivers and levels of variability. **Global Change Biology**, v. 20, n. 12, p. 1-13, 2014.



## Capítulo 4

### **Produção de mudas e desenvolvimento *ex situ* do marmelo do Cerrado [*Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC.] e marmelinho [*Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum]**

Maria do Carmo Vieira, Néstor Antonio Heredia-Zárate, Cleberton Correia Santos; Heldo Denir Vhaldor Rosa Aran

Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil.

E-mail: marivieira@ufgd.edu.br; nestorzarate@ufgd.edu.br; cleber\_frs@yahoo.com.br;

heldovhaldor@gmail.com

### **1. Introdução Geral**

*Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC. (Rubiaceae), popularmente conhecida como marmelo do Cerrado, marmeleiro, marmelada bola é uma planta amplamente distribuída no Cerrado brasileiro, com potencial medicinal e seus frutos são de suma importância para alimentação da população (Almeida et al., 1998; Marin, 2006). É uma planta arbórea, com 2 - 4 m de altura (Figura 1a), que apresenta folhas opostas, simples, pecioladas, com estípulas interpeciolares, flores dioicas com 2 a 3 cm de comprimento e actinomorfas sendo as flores masculinas (Figura 1b) em maior número que as femininas (Figuras 1c e 1d). Possui caule de textura grossa (Figura 1 a, detalhe), bastante fissuras e coloração escura (Almeida et al., 1998).

Os frutos são do tipo baga esférica, com 5 a 6 cm de comprimento e 5 a 7 cm de diâmetro (Figura 1e). Quando maduros, apresentam polpa succulenta (Figura 1f), de cor amarelo-palha até amarronzada a preta, a qual corresponde a 30% da massa do fruto; podem ser consumidos in natura ou utilizados para preparar sucos, refrescos, ponche, geleias e

doces. A parte escura e viscosa dos frutos, devido à presença de pectina, pode ser usada no processamento de doces. A espécie tem frutificação o ano inteiro. As sementes são achatadas, pequenas, pardo-amareladas e têm cerca de 50% germinação. As plântulas apresentam desenvolvimento relativamente lento (Pereira, 2007; Lorenzi et al., 2006; Santos et al., 2014; Sobrinho et al., 2017).



**Figura 1.** Planta adulta (a), flor masculina (b), flor feminina com destaque para o estigma (c), flor feminina com detalhe do ovário (d), frutos verdes (e) e fruto maduro (f) de *Alibertia edulis*. Fonte: Acervo pessoal dos autores.

## 2. Estudos ex situ

Das plantas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich ex. DC. (marmelo do Cerrado), não há registro do cultivo *ex situ*. Isso, apesar de serem arvoretas frutíferas nativas do Cerrado e com importância medicinal e alimentícia, além de seus frutos serem atrativos à fauna silvestre e suas mudas serem usadas na restauração ecológica (Aquino et al., 2017; Bilio et al., 2018). Há necessidade de estudar tratamentos culturais para o estabelecimento

da nova cadeia produtiva que permita obter produtos padronizados e assim evitar a exploração das plantas que se encontram em ambiente nativo.

## **2.1. Características das mudas de *Alibertia edulis* propagadas em diferentes substratos e desenvolvimento das plantas no campo (Barbosa, 2021)**

### **2.1.1. Introdução**

Dentre as espécies de plantas nativas do Cerrado, tem-se a *Alibertia edulis* (marmelo do Cerrado), que é uma arvoreta nativa e frutífera, de importância medicinal e alimentícia, além de seus frutos serem atrativos à fauna silvestre e suas mudas usadas na restauração ecológica. As folhas e frutos são ricos em compostos bioativos, com propriedades antisséptica, antiviral, anti-inflamatória, adstringente, diurética e anti-hipertensiva (Aquino et al., 2017; Bilio et al., 2018). Apesar dessa espécie apresentar potencial econômico, não há registro do cultivo ex situ por isso há necessidade de serem estudados tratos culturais para o estabelecimento da cadeia produtiva, de modo a se evitar a exploração das plantas em ambiente nativo, além da possibilidade de obtenção de produto padronizado.

A fase de formação de mudas é primordial para a propagação das plantas visando o bom estabelecimento, desenvolvimento e crescimento em campo (Faria et al., 2018). No entanto, diversos fatores podem influenciar a produção de mudas de elevada qualidade, tal como a escolha do substrato adequado. O substrato a ser utilizado deve apresentar boa aeração, teor de nutrientes balanceados e adequados ao crescimento da planta, boa drenagem de água, boa textura e estrutura, ausência de agentes patogênicos e de sementes infestantes, além de fácil obtenção e transporte (Almeida et al., 2014).

Com a falta de opções e/ou disponibilidade no mercado, a

demanda dos produtores por substratos alternativos e que sejam de baixo custo é cada vez maior, proporcionando um mercado diferenciado e lucrativo (Evangelista et al., 2016). Entre os diferentes materiais que podem ser utilizados para a formação das mudas têm-se as misturas de solo com areia, com substrato comercial e com outros, em função da disponibilidade de materiais e das características físicas, químicas e biológicas que atendam às necessidades das plantas, além de considerar-se o peso e o custo dos materiais (Blank et al., 2014).

Geralmente, os estudos com produção de mudas ficam restritos à sua formação em viveiro, mas cabe destacar que é primordial o desenvolvimento das plantas em campo, principalmente das espécies nativas. Deve-se tentar disponibilizar alternativa para os agricultores como também para o Cerrado, pois muitas espécies são exploradas para diversos usos e sem sua reposição há grandes perdas no Bioma e consequente risco de extinção da espécie.

O objetivo do estudo foi avaliar mudas propagadas em diferentes substratos e sua influência no desenvolvimento das plantas a campo.

### **2.1.2. Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. A área situa-se em latitude de 22°11'43,7"S, longitude de 54°56'08,5"W e altitude de 430 m. O clima é Mesotérmico Úmido, do tipo Am, tropical, verões chuvosos, com temperaturas e precipitações anuais variando de 20 a 24°C e 1600 a 1900 mm, respectivamente (Álvares et al., 2013).

Para a formação das mudas foram utilizadas sementes extraídas de frutos colhidos aleatoriamente em plantas de populações naturais de marmelo do cerrado localizadas na fazenda Santa Madalena, respeitando-se as exigências legais

brasileiras, conforme Sistema Nacional de Recursos Genéticos e Conhecimento Tradicional Associado (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE). Uma exsicata foi depositada no Herbário DDMS, sob número 4649.

A produção de mudas foi iniciada mediante o beneficiamento manual dos frutos, retirando-se as sementes, que foram imersas em solução com hipoclorito de sódio a 5% por 2 minutos. Logo após, foi feita a semeadura em bandejas de poliestireno de 128 células preenchidas com Tropstrato®, mantidas sob condição de viveiro com tela de Nylon de coloração preta com retenção de 50% de luminosidade. As plântulas permaneceram nas bandejas até atingirem cerca de 2,0 cm de altura, o que ocorreu aos 60 dias após a emergência.

Para a propagação em viveiro foram utilizados tubetes plásticos de 290 cm<sup>3</sup>, preenchidos com seis substratos formados com diferentes materiais, a saber: S1) 100% Latossolo Vermelho Distroférrico (LVd); S2) 50% LVd + 50% areia grossa; S3) 100% Tropstrato®; S4) 75% LVd + 25% areia grossa; S5) 50% LVd + 50% Tropstrato® e S6) 50% Tropstrato® + 25% LVd + 25% areia. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada unidade experimental formada por nove tubetes, com uma muda por tubete. Das mudas nos tubetes, avaliaram-se altura, número de folhas e diâmetro do coleto a cada 15 dias, desde os 15 até os 60 dias após a repicagem. Coletaram-se quatro mudas, retirando-as inteiras dos tubetes e avaliaram-se as massas frescas de caules, folhas e raízes, além da área foliar.

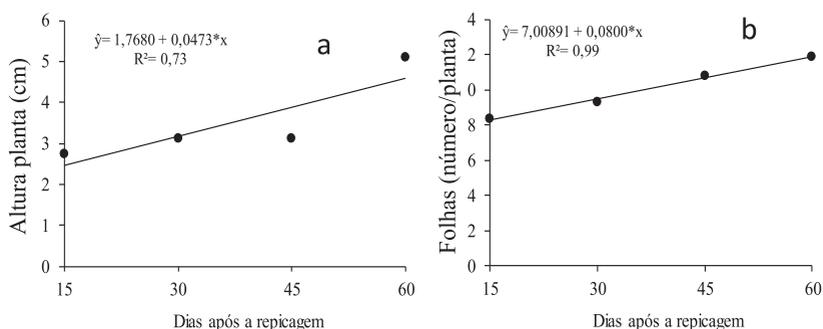
Para a instalação do experimento em nível de campo foi realizado o preparo do terreno duas semanas antes do transplante das mudas, com uma aração e uma gradagem e posterior levantamento dos canteiros com rotoencanteirador. O transplante foi realizado quando as mudas apresentavam entre 4,0 e 5,0 cm de altura, o que ocorreu aos 65 dias de cultivo nos tubetes. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições, mantendo-se os

tratamentos da fase 1. No campo, foram medidas as alturas das plantas, a cada 25 dias, até os 325 dias após o transplante. Foram colhidas as plantas, quando avaliaram-se as massas frescas, área foliar e massas secas.

Todos dados foram submetidos à análise de variância, teste de t e Tukey, além de regressões, daqueles analisados ao longo do tempo, todos a 5% de probabilidade.

### 2.1.3. Resultados e discussão

Houve crescimento linear das plantas em altura ao longo do ciclo de desenvolvimento, sendo a maior (4,6 cm) e maior número de folhas (11,8) das mudas, aos 60 dias após a repicagem (Figura 2), comprovando o crescimento gradual ao longo do ciclo de cultivo.



**Figura 2.** Altura de plantas (a) e número de folhas (b) das mudas do marmelo do Cerrado, em função dos dias após a repicagem nos tubetes. Dados em função de substratos foram agrupados.\*Significativo a 5% pelo teste t. Fonte: Barbosa, 2021.

As mudas produzidas em 50% Tropstrato® + 25% LVD + 25% areia foram as que apresentaram as maiores alturas de plantas (4,21 cm) e número de folhas (10,72) (Tabela 1). O número de folhas foi menor nas mudas produzidas em substrato 50% LVd + 50% areia. O diâmetro do coleto (DC) das mudas produzidas em 100% de Tropstrato® foi o maior (1,35 mm)

sendo superior aos demais aos 60 dias após o transplante, porém sem diferir do valor nas mudas propagadas em 50% Tropstrato<sup>®</sup> + 25% LVd + 25% areia. O maior comprimento de raiz (24,84 cm) ocorreu nas mudas cultivadas no substrato com 50% de LVd + 50% de Tropstrato<sup>®</sup>, superando em 5,86 cm as das mudas cultivadas no substrato com 75% LVd + 25% de areia, que apresentou o menor valor. A maior área foliar foi das plantas cultivadas no substrato 50% Tropstrato<sup>®</sup> + 25% LVd + 25% areia e a menor foi das cultivadas no substrato 50% LVd + 50% Tropstrato<sup>®</sup>.

**Tabela 1.** Altura (AP), número de folhas (NF), diâmetro do coleto (DC), comprimento da maior raiz (CR) e área foliar (AF) de mudas do marmelo do Cerrado produzidas em tubetes com diferentes substratos.

Substratos	AP (cm)	NF	DC (cm)	CR (cm)	AF (cm <sup>2</sup> /planta)
100% LVd	3,46 b	10,31 a	1,15 b	23,91 ab	13,38 a
50% LVd+ 50% areia	3,07 b	9,04 b	1,09 b	20,96 ab	9,060 a
100% Tropstrato <sup>®</sup>	3,56 b	9,93 a	1,35 a	23,35 ab	13,76 a
75% LVd e 25% areia	3,48 b	10,25 a	1,11 b	18,98 b	11,12 a
50% LVd + 50% Tropstrato <sup>®</sup>	3,45 b	10,28 a	1,14 b	24,84 a	8,620 a
50% Tropstrato <sup>®</sup> 25% LVd e 25% areia	4,21 a	10,72 a	1,25 ab	22,81 ab	15,08 a
C. V. (%)	18,78	8,73	8,43	11,13	34,19

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%. Fonte: Barbosa, 2021.

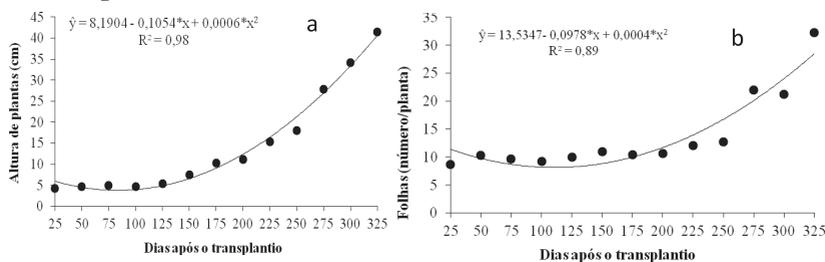
As massas frescas das folhas das mudas produzidas em substrato 75% LVd + 25% de areia foram maiores que das mudas produzidas em substrato 100% LVd (Tabela 2). Por outro lado, as maiores massas frescas e secas de raízes e folhas foram das mudas produzidas em 50% Tropstrato<sup>®</sup> + 25% LVd + 25% areia e 100% Tropstrato<sup>®</sup>, respectivamente. Por outro lado, as massas frescas e secas do caule não foram influenciadas pelos substratos.

**Tabela 2.** Massas frescas (MF) e secas (MS) de folhas (F), caules (C) e raízes (R) de mudas do marmelo do Cerrado, produzidas em tubetes sob diferentes substratos. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Substratos	MF	MFC	MFR	MSF	MSC	MSR
	(g/planta)					
100% LVD	0,1132 b	0,0222 a	0,2092 ab	0,0452 b	0,0080 a	0,0408 ab
50% LVD+ 50% areia	0,1192 ab	0,0240 a	0,0722 b	0,0385 b	0,0084 a	0,0638 ab
100% Tropstrato*	0,1392 ab	0,0480 a	0,1512 ab	0,0856 ab	0,0142 a	0,1052 a
75% LVD e 25% areia	0,2906 a	0,0308 a	0,1092 ab	0,0691 ab	0,0182 a	0,0392 b
50% LVD + 50% Tropstrato*	0,1702 ab	0,0470 a	0,1124 ab	0,0477 b	0,0102 a	0,0492 ab
50% Tropstrato* 25% LVD e 25% areia	0,2482 ab	0,0460 a	0,2920 a	0,1350 a	0,0192 a	0,0830 ab
C. V. (%)	48,25	43,96	61,29	61,70	51,52	51,23

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%. Fonte: Barbosa, 2021.

O crescimento das plantas em altura (Figura 3a) bem como a manutenção do número de folhas (Figura 3b) foram lentos até os 250 dias após o transplante (DAT) e, a partir daí, cresceram mais rapidamente, alcançando os valores máximos (37,31 cm e 28,51 folhas/planta, respectivamente) aos 325 DAT. A quantidade mínima de folhas ocorreu aos 122 DAT (7,6 folhas/planta).



**Figura 3.** Altura de plantas (a) e número de folhas das plantas do marmelo do Cerrado em função dos dias após o transplante no campo. Dados em função de substratos foram agrupados. \* Significativo a 5%, pelo teste t.

As massas frescas e secas das folhas e dos caules e a área foliar das plantas do marmelo do Cerrado cultivadas em campo não foram influenciadas pelos substratos usados na produção das mudas (Tabela 4). Apesar disso, numericamente, plantas provenientes de mudas produzidas em 100% Tropstrato® e 75% LVd + 25% de areia eram mais bem desenvolvidas, com maiores massas de folhas, caules e área foliar.

**Tabela 4.** Massas frescas (MF) e secas (MS) da folha (F), caule (C) e área foliar (AF) de plantas do marmelo do Cerrado colhidas aos 325 dias de ciclo de cultivo em campo, provenientes de mudas produzidas em tubetes sob diferentes substratos.

Substratos	MFF	MFC	MSF	MSC	AF
	(g/planta)				(cm <sup>2</sup> /planta)
100% LVd	33,08 a	22,71 a	14,55 a	7,49 a	1263,20 a
50% LVd+ 50% areia	51,62 a	38,81 a	20,63 a	13,38 a	1609,60 a
100% Tropstrato®	67,54 a	44,20 a	26,57 a	12,49 a	2337,02 a
75% LVd e 25% areia	68,77 a	49,82 a	31,31 a	17,28 a	1773,80 a
50% LVd + 50% Tropstrato®	44,84 a	25,58 a	17,99 a	7,78 a	1487,30 a
50% Tropstrato® 25% LVd e 25% areia	40,91 a	25,47 a	17,78 a	7,86 a	1745,60 a
C.V. (%)	53,13	58,83	45,56	56,49	34,76

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Fonte: Barbosa, 2021.

Concluiu-se que as mudas mais bem desenvolvidas foram aquelas propagadas nos substratos formulados com substrato comercial, em especial 50% Tropstrato® + 25% LVd + 25% areia. No campo, a altura de plantas e número de folhas foram maiores nas plantas propagadas com 100% Tropstrato®, embora os substratos não tenham influenciado na produção de massa durante o período do ciclo de cultivo de 325 dias após o transplante.

## **2.2. Influência de resíduos orgânicos e bokashi no crescimento de *Alibertia edulis*** (Santos et al., 2020b)

### **2.2.1. Introdução**

Nas práticas de cultivo, a adição de resíduos orgânicos libera nutrientes, melhorando as propriedades físicas e microbiológicas do solo (Mangiori e Tavares Filho., 2015), aumentando assim a exploração radicular e o crescimento das plantas. Para espécies medicinais, em especial, as arbóreas, que têm longo ciclo de cultivo, é importante a decomposição gradual de resíduos orgânicos, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A *Alibertia edulis* (marmelo do cerrado) é uma planta medicinal arbustiva, cujas folhas são utilizadas como diuréticas, antidiabéticas, antifúngica, antibacteriana e outros (Bueno et al., 2005). A planta pode ser útil em reflorestamentos e ainda não se conhecem os tratamentos culturais para seu cultivo *ex situ*.

Dentre os possíveis resíduos orgânicos, o esterco de aves é amplamente disponível em vários estados brasileiros devido ao desenvolvimento da avicultura. O esterco de aves é caracterizado por um alto teor de nutrientes, baixa taxa de decomposição e efeito condicionador quando adicionado ao solo; é, portanto, uma alternativa viável na dinâmica do solo, principalmente por conter nitrogênio na fração orgânica (Eguchi et al., 2016; Rogeri et al., 2016), que favorece o aproveitamento de nutrientes pelas plantas durante o ciclo de crescimento.

Outra opção para o cultivo do marmelo do cerrado seria o uso do bokashi, um ativador orgânico, composto de uma mistura equilibrada de matéria orgânica de vegetais e/ou de origem animal submetida a um processo de fermentação controlada por microrganismos favoráveis (Baldotto e Baldotto, 2016). Os efeitos agrícolas do bokashi estão associados à sua maior capacidade de troca catiônica, ao pH do solo e à

disponibilidade mais rápida de nutrientes (Boechat et al., 2013).

O objetivo da pesquisa foi testar diferentes resíduos orgânicos, com ou sem adição de bokashi, no desenvolvimento de mudas do marmelo do cerrado.

### **2.2.2. Material e métodos**

O trabalho foi realizado no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS, em ambiente protegido mediante a cobertura com polietileno transparente de 150  $\mu\text{m}$  e proteção adicional com sombrite 50% e proteção de radiação fotossintética média de  $924 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Para a propagação foram utilizadas sementes coletadas aleatoriamente de frutos de marmelo do cerrado (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE) no bioma Cerrado. Uma exsicata foi depositada no Herbário DDMS, sob número 4649.

Os substratos foram compostos pela combinação dos seguintes resíduos orgânicos: EABA, esterco de aves semidecomposto com base de casca de arroz ( $4,16 \text{ g kg}^{-1}$ ); EABM, esterco de aves semidecomposto com base de maravalha ( $4,16 \text{ g kg}^{-1}$ ); ORG, Organosuper® ( $4,16 \text{ g kg}^{-1}$ ); FM, farelo de mamona ( $0,83 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o controle (somente solo). Os tratamentos foram testados sem e com a adição de Garden Bokashi® (80 g/vaso), em quatro aplicações. O arranjo experimental foi no esquema fatorial  $5 \times 2$ , no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por quatro vasos plásticos ( $4,2 \text{ dm}^3$ ) e uma planta por vaso.

O solo utilizado para o enchimento dos vasos foi Latossolo Vermelho Distroférico com textura argilosa (Santos et al., 2013). Houve necessidade de fazer calagem, 30 dias antes do transplante das mudas, usando calcário dolomítico com 80% PRNT, com o objetivo de atingir 60% de saturação por bases.

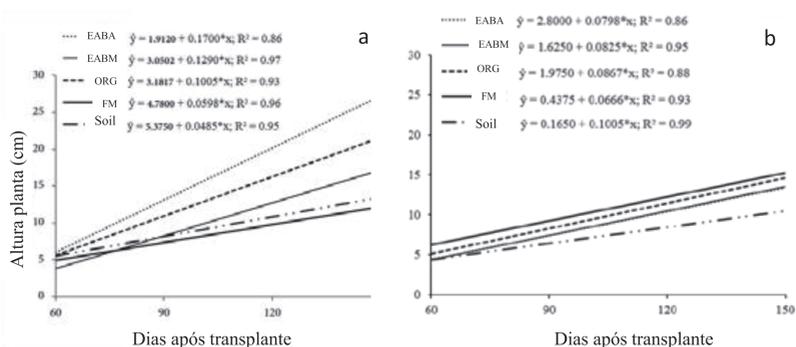
O transplante das mudas para os vasos foi realizado 60 dias após a semeadura, quando apresentavam altura média de 5

cm. Durante o ciclo da cultura foram avaliados a cada 30 dias, desde os 60 até os 150 DAT, a altura da planta, número de folhas e diâmetro do colo. Aos 155 dias após o transplante, as mudas foram colhidas, quando avaliaram-se as massas secas de folhas, caules e raízes.

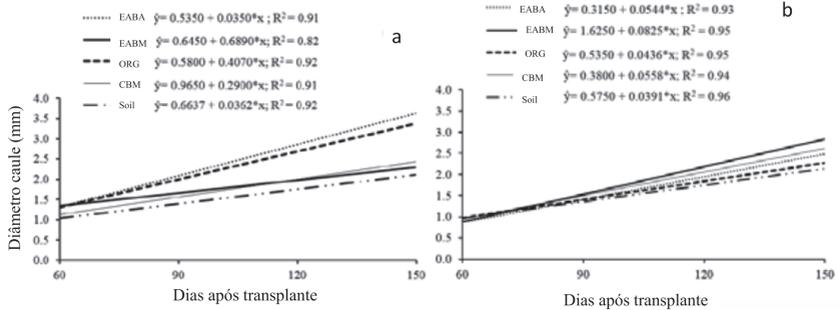
### 2.2.3. Resultados e discussão

As plantas mais altas foram aquelas onde se fez adição de bokashi, independentemente do substrato (Figura 4a), quando comparado sem o uso de bokashi. Para os resíduos orgânicos, a altura máxima foi de 27,33 cm aos 150 DAT nas plantas cultivada em EABA com bokashi. Houve pouca variação no crescimento das plantas nos substratos sem adição de bokashi (Figura 4b).

Os maiores diâmetros de caule foram 3,42 mm nas plantas cultivadas em EABA e de 3,30 mm em ORG, ambas com bokashi, aos 150 DAT (Figura 5a). Em contraste, o maior diâmetro do caule na ausência de bokashi foi de 2,84 mm no substrato com apenas solo (Figura 5b).

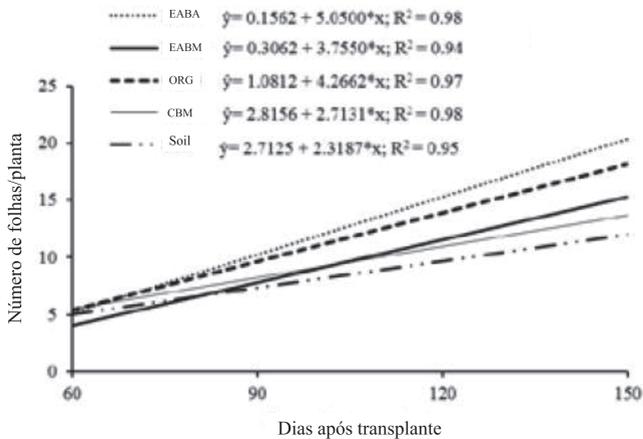


**Figura 4.** Altura de plantas de marmelo do cerrado cultivadas em vasos com resíduos orgânicos com (a) e sem (b) bokashi, em função dos dias após o transplante. EABA: esterco de aves com base de casca de arroz; EABM: esterco de aves com base de maravalha; ORG: Organosuper®; FM: farinha de mamona.



**Figura 5.** Diâmetro do caule (a) com, (b) sem bokashi de plantas de marmelo-do-cerrado cultivadas em vasos com resíduos, em função dos tempos de avaliação. EABA: esterco de aves com base de casca de arroz; EABM: esterco de aves com base de maravalha; ORG: Organosuper®; FM: farinha de mamona.

Os maiores números de folhas foram de 21 folhas/planta em plantas cultivadas em EABA e de 18 folhas/planta naquelas cultivadas em ORG, independentemente do bokashi (Figura 6).



**Figura 6.** Número de folhas de plantas de marmelo-do-cerrado cultivadas em vasos preenchidos com resíduos, em função dos tempos de avaliação. EABA: esterco de aves com base de casca de arroz; EABM: esterco de aves com base de maravalha; ORG: Organosuper®; FM: farinha de mamona.

As maiores massas secas de folhas e raízes foram observadas nas plantas cultivadas em EABA ou ORG com bokashi (Tabela 5).

**Tabela 5.** Biomassas secas de folhas, caules e raízes de plantas de marmelo do Cerrado cultivado em vasos com solo e resíduos orgânicos, sem e com Bokashi.

Resíduos	Folhas		Caule g planta <sup>-1</sup>		Raízes	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
EABA	1,4257 aB	2,3157 aA	0,4687 aA	0,5345 bA	0,7402 aB	1,2625 aA
EABM	1,3187 aA	1,0302 bA	0,3162 abA	0,2695 cA	0,5945 abA	0,4832 bA
ORG	0,8672 abB	2,8395 aA	0,1835 bB	0,8062 aA	0,3609 abB	1,3862 aA
FM	1,1380 abA	0,8502 bA	0,2482 abA	0,2515 cA	0,6072 abA	0,4810 bA
Solo	0,5310 bA	0,6672 bA	0,1327 Ba	0,1632 cA	0,3217 bA	0,4325 Ba
C.V.(%)	26,08		31,71		29,74	

EABA = cama de frango base de casca de arroz; EABM = cama de frango base de maravalha; ORG = Organosuper<sup>®</sup>; FM = farelo de mamona; SEM = sem Bokashi; COM = com Bokashi.

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, nas colunas, para resíduos, não diferem entre si pelo teste de Tukey, e maiúsculas nas linhas, para Bokashi, não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5%.

Concluiu-se que as plantas do marmelo do cerrado responderam positivamente à adição de resíduo orgânico nos substratos preparados para o cultivo. Recomendamos o uso de Organosuper<sup>®</sup> e cama de frango base de casca de arroz, ambos com bokashi, no cultivo de marmelo do cerrado.

## 2.3. Produção de plantas de *Alibertia edulis* em sucessão a adubos verdes (Aran, 2019)

### 2.3.1. Introdução

O Cerrado brasileiro detêm umas das maiores diversidades biológicas do planeta, contando com uma rica flora, que desperta o interesses de comunidades científicas para o estudo, conservação e utilização racional desses recursos (Joly

et al., 2011). O desconhecimento do potencial de uso dos recursos naturais, associado ao extrativismo desordenado da vegetação nativa tem provocado prejuízos irreparáveis ao solo, à flora e aos recursos hídricos, comprometendo a sustentabilidade desse ecossistema e colocando muitas espécies vegetais em risco de extinção, principalmente as frutíferas nativas (Ribeiro e Rodrigues, 2006).

Dentre as frutíferas nativas do Cerrado e que apresentam potencialidade para o uso em arranjos produtivos está o marmelo do Cerrado (*Alibertia edulis*). A obtenção do marmelo do Cerrado para uso medicinal ainda é de forma extrativista e não se conhece registros de cultivo. Daí a importância de serem definidas técnicas de cultivos de plantas medicinais em sucessão a adubos verdes.

Para a prática da adubação verde, as Fabaceae têm ganhado preferência entre os agricultores e uma das principais razões é a fixação de nitrogênio (N<sub>2</sub>) atmosférico pela ação nitrificante das bactérias, especialmente do gênero *Rhizobium*, que se associam com as raízes dessas plantas, fornecendo-lhe o nitrogênio e recebendo o carboidrato em troca (Cunha et al., 2011). As Fabaceae também produzem grande quantidade de biomassa e suas raízes são pivotantes, favorecendo a captura de nutrientes presentes em camadas profundas do solo. Após o processo de decomposição da sua biomassa, os nutrientes são disponibilizados para o desenvolvimento das plantas de interesse econômico (Teodoro et al., 2011; Silva et al., 2014).

Como nenhum trabalho foi encontrado na literatura consultada sobre o uso de adubos verdes para o cultivo de marmelo do Cerrado o objetivo do presente estudo foi avaliar a contribuição de diferentes espécies de plantas utilizadas como cobertura do solo sobre o desenvolvimento e produtividade das plantas de marmelo do Cerrado.

### 2.3.2. Material e métodos

O trabalho foi realizado no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS.

O trabalho consistiu na realização de experimento com o marmelo-do-cerrado, espécie de planta medicinal nativa, como sucessoras dos três adubos verdes, mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e lablab (*Dolichos lablab*), além das testemunhas solo com vegetação espontânea e solo nu e o marmelo do Cerrado (*Alibertia edulis*). Os tratamentos foram arranjados no delineamento experimental blocos casualizados, com cinco repetições. Foram feitas avaliações ao longo do tempo como parcelas subdivididas no tempo.

As principais plantas espontâneas observadas na área, assim como os respectivos números do voucher no Herbário DDMS, da UFGD são apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Nome científico, família e número do voucher no Herbário DDMS da UFGD das principais espécies espontâneas observadas na área experimental.

Nome científico	Família	Número herbário
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Poaceae	6285
<i>Eleusine indica</i>	Poaceae	6340
<i>Paspalum pumilum</i>	Poaceae	6338
<i>Urochloa humidicola</i>	Poaceae	6341
<i>Urochloa plantagina</i>	Poaceae	6336
<i>Gnaphalium purpureum</i>	Asteraceae	6288
<i>Gnaphalium spicatum</i>	Asteraceae	6289
<i>Phyllanthus tenellus</i>	Euphorbiaceae	6284
<i>Leucas martinicensis</i>	Lamiaceae	6287
<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae	6286
<i>Cestrum axillare</i>	Solanaceae	6290
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	6335

Fonte: Aran, 2019

Os adubos verdes dos dois experimentos foram semeados em épocas diferentes, visando o florescimento ao mesmo tempo, em linhas espaçadas em 1,0 m e densidade preconizada por Calegari et al. (1995) a saber: 35 sementes/m

para o lablab e duas sementes/cova espaçadas de 0,25 m para a mucuna preta e feijão de porco.

A propagação das plantas do marmelo do Cerrado foi feita por semeadura indireta, utilizando-se sementes extraídas de frutos maduros colhidos ao acaso (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE) de plantas de uma população natural em área nativa de Cerrado, na Fazenda Santa Madalena (22°08'24,2"S e 55°08'13,3"W, 487 m), em Dourados-MS. As exsiccatas estão depositadas no Herbário DDMS, sob os números 4649 e 5210, respectivamente.

As sementes foram extraídas dos frutos e depois semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células, preenchidas com substrato Plantmax® e mantidas sob sombrite 50%, em temperatura ambiente. Aos 15 dias após o corte dos adubos verdes, as mudas do marmelo do Cerrado foram transplantadas para o local definitivo, ao apresentarem em torno de 7 cm. Os espaçamentos utilizados foram de 0,60 m entre linhas e 1,00 m entre plantas.

O início do florescimento das plantas do marmelo do Cerrado ocorreu aos 365 dias e os primeiros frutos aos 425 DAT e as colheitas dos frutos foram realizadas à medida foram amadurecendo, desde 630 até 1140 DAT.

### **2.3.3 Resultados e discussão**

#### **2.3.4.1 Produtividade dos adubos verdes**

O feijão de porco e a vegetação espontânea apresentaram as maiores produtividades de massa fresca (Tabela 7), com 28,26% e 37,52% a mais que a do lablab e 17,02 e 25,46 % a mais que a da mucuna preta, respectivamente. A vegetação espontânea teve a maior produção de massa seca de parte aérea (6,09 Mg ha<sup>-1</sup>), o que representou 100,33% a mais em relação à menor produção que foi da mucuna preta (3,04 Mg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 7.** Massas fresca e seca e razão massa seca/ massa fresca ( $R_{s/f}$ ) de adubos verdes

Adubos verdes	Massa fresca	Massa seca	$R_{s/f}$
	Mg ha <sup>-1</sup>		%
Lablab	14,26 b	5,15 ab	36,12 a
Mucuna preta	15,63 b	3,04 b	19,45 b
Feijão de porco	18,29 a	5,30 ab	28,98 ab
V. espontânea	19,61a	6,09 a	31,06 a
C.V.%	11,67	12,52	5,49

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Aran, 2019

Neste estudo, a produtividade das espécies testadas como adubos verdes, com exceção à da vegetação espontânea, foi inferior ao esperado para promover uma boa cobertura do solo. Isso porque, segundo Carbone et al. (2008), a quantidade mínima de massa requerida para um eficiente sistema de rotação está em torno de 6 Mg ha<sup>-1</sup>.

### 2.3.4.2 Produtividade do marmelo do Cerrado

As maiores produtividades (1.305.000 e 1.817.500 frutos ha<sup>-1</sup>) foram das plantas de marmelo do Cerrado cultivadas em sucessão ao feijão de porco e vegetação espontânea, respectivamente, e representaram 64,37% (840.000) e 74,42% (1.352.500) frutos ha<sup>-1</sup> a mais que as plantas cultivadas em sucessão ao solo capinado (465.000 frutos ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 8)

**Tabela 8.** Número de frutos, diâmetro e comprimento de frutos e massa fresca de frutos de marmelo do Cerrado cultivado em sucessão a adubos verdes ou capina

Adubos verdes	Frutos	Diâmetro de frutos	Altura	Massa fresca de frutos
	número ha <sup>-1</sup>	mm		Mg ha <sup>-1</sup>
Capina	465.000 b	46,71 b	45,85 a	36,17 b
Lablab	1.002.500 ab	48,43 ab	48,25 a	70,92 ab
Mucuna	670.000 b	48,83 ab	48,68 a	50,91 ab
F. porco	1.305.000 a	53,53 a	47,59 a	91,05 a
V. espontânea	1.817.500 a	49,31 ab	45,15 a	114,25 a
C.V. (%)	47,92	6,03	6,61	47,39

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Aran, 2019

O maior diâmetro de frutos (53,53 mm) foi das plantas cultivadas no sistema feijão de porco/marmelo e que representou 14,60% a mais que o diâmetro de frutos observado no sistema sem a presença de cobertura vegetal (46,71 mm). Para a altura dos frutos não houve diferença entre os sistemas com adubos verdes e capina (Tabela 13).

Na massa fresca de frutos do marmelo observou-se um incremento percentual de 151,73% nas plantas cultivadas no sistema feijão de porco/marmelo e 215,87% nas plantas cultivadas no sistema vegetação espontânea/marmelo em relação á massa de frutos das plantas cultivadas no capina/marmelo (Tabela 8).

Observou-se forte correlação (Tabela 9) entre as alturas de plantas e o número de frutos ( $r= 0,90$ ) e entre altura de plantas e massa fresca de frutos ( $r= 0,88$ ).

**Tabela 9.** Correlação de Pearson entre as características altura, diâmetro, números de frutos e massa fresca dos frutos de marmelo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Nf</b>	<b>Mf</b>
Altura de plantas	0,90*	0,88*
Diâmetro do caule	0,60*	0,57*

\*significativo a 5% de probabilidade. Fonte: Aran, 2019

Os resultados obtidos permitiram concluir que: - o uso como adubos verdes do feijão de porco e da vegetação espontânea favoreceram o crescimento e o desenvolvimento das plantas de marmelo do Cerrado e com posterior reflexo em produtividade; que a arquitetura das plantas de marmelo do Cerrado influenciou a biomassa e - a maior produção de frutos do marmelo do Cerrado foi obtida no cultivo em sucessão ao feijão de porco e a vegetação espontânea.

## **2.4 Nitrogênio no crescimento inicial de *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum** (Santos et al., 2020a)

### **2.4.1 Introdução**

*Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum (marmelinho ou marmelada de cachorro, Rubiaceae) é uma espécie frutífera nativa da ecorregião do Cerrado no Brasil e possui porte subarbustivo. As folhas servem de alimento para animais e seus ramos são usados para fazer cataplasmas, compressas e soluções de banho, enquanto sua madeira é utilizada para lenha e carvão (Lorenzi, 2002).

As mudas de *A. sessilis* podem ser utilizadas para restaurar as funções ecossistêmicas em áreas degradadas pela atividade antrópica. Do ponto de vista econômico, *A. sessilis* pode ser inserida na cadeia produtiva, considerando o valor agregado da utilização de seus frutos na elaboração de doces e geleias (Lorenzi, 2002). No entanto, é necessário cultivar *A. sessilis* ex situ considerando os atuais sistemas agroflorestais e pomares comerciais para mitigar sua exploração potencialmente intensiva em áreas nativas, conservar os recursos genéticos e garantir a sustentabilidade dos sistemas naturais.

Diante desse contexto, são essenciais informações sobre o crescimento inicial de *A. sessilis*, pois as plantas devem apresentar características favoráveis, uma vez transplantadas no campo, para promover maior sobrevivência e estabilidade no desenvolvimento. Dentre os fatores que podem influenciar nessa fase, é importante o manejo nutricional e especificamente o uso de fertilizantes nitrogenados, pois o N participa de atividades fotoquímicas e metabólicas associadas à fotossíntese e ao crescimento vegetativo (Ghasemi et al., 2017; Taiz et al., 2017).

### **2.4.2. Material e métodos**

O trabalho foi realizado no Horto de Plantas Medicinais

(HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS.

O trabalho consistiu na realização de experimento com o a planta de *Alibertia sessilis* que foi identificada e um voucher foi depositado no Herbário da UFGD, sob o número 5410. Frutos maduros de *A. sessilis* foram coletados aleatoriamente de dez matrizes em uma população natural (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE, 15/10/2018) na Fazenda Santa Madalena e posteriormente foram processados para a obtenção de sementes.

Para a propagação das mudas, a semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com substrato comercial Tropstrato® em condições de viveiro com 50% de sombreamento e irrigação diária. Quando as mudas apresentavam altura média de 2,0 cm foram transplantadas para os vasos plásticos (capacidade de 5 kg) que foram preenchidos com 4,5 kg de Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa. Os vasos plásticos foram aclimatados a 28 °C em casa de vegetação com tampas plásticas nas partes superior e lateral e uma tela de Aluminet® superior adicional.

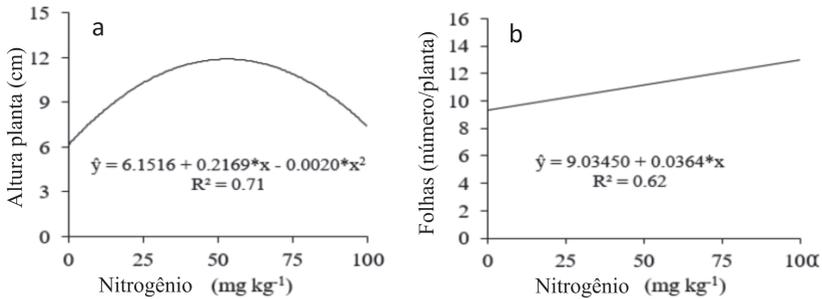
Os tratamentos em estudo foram cinco concentrações de N, que tiveram como fonte a Uréia (45% N), a saber: 0 (controle), 25, 50, 75 e 100 mg kg<sup>-1</sup> N. O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por quatro vasos, com uma planta cada.

Aos 180 dias após o transplante foram avaliados altura das plantas, diâmetro do caule (mm) número de folhas, massas frescas e secas de folhas e o número de plantas sobreviventes.

### **2.4.3. Resultados e discussão**

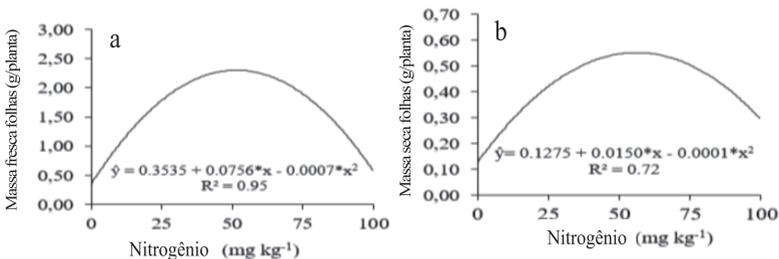
A sobrevivência das mudas (média de 77,5%) e o diâmetro do caule (média de 1,44 mm) não foram influenciados significativamente pela concentração de N. Mas, houve influência significativa da concentração de N para a altura (máxima de 12,03 cm com a adição de 54,22 mg kg<sup>-1</sup> N) (Figura 7a) e para o número de folhas (máximo de 13,5 com adição de

100 mg kg<sup>-1</sup> de N) (Figura 7b).



**Figura 7.** Altura (a) e número de folhas (b) de mudas de *A. sessilis* produzidas com doses de nitrogênio. Fonte: Santos et al., 2020a.

As maiores massas frescas (2,391 g/planta) e secas (0,697 g/planta) das folhas foram com 54,00 e 75,50 mg kg<sup>-1</sup> N, respectivamente (Figura 8a e 8b). Por outro lado, nem a massa fresca nem seca das raízes foi influenciada significativamente pela concentração de N, com média de 0,106 e 0,049 g/planta, respectivamente.



**Figura 8.** Massas frescas (a) e secas (b) de folhas de mudas de *A. sessilis* produzidas sob nitrogênio em diferentes doses. Fonte: Santos et al., 2020a.

Concluiu-se que a adubação nitrogenada influenciou positivamente a produção de mudas de *A. sessilis* e para obtenção de mudas com padrão de qualidade superior recomenda-se o uso de 50 mg kg<sup>-1</sup> N na fase inicial do cultivo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P., PROENÇA, C. E. B., SANO, S. M., RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis.** EMBRAPA, Brasília, p. 464, 1998

ALMEIDA, M. O.; CRUZ, M.C.M.; CASTRO, G. D.M.; FAGUNDES, M.C.P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de maracujazeiro-amarelo em substratos orgânicos e comercial e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 180-185, 2014.

AQUINO, D. F. S.; TIRLONI, C. A. S.; MENEGATI, S. E. L.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SIMONET, A. M.; MACÍAS, F.A.; GASPAROTTO JÚNIOR, A. *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich – A potent diuretic arising from Brazilian indigenous species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 196, n. 21, p. 193-200, 2017

ARAN, H. D. V. R. **Produção de plantas de *alibertia edulis* L.C.Rich. e *Allophylus edulis* A. St. -Hil., A. Juss. & Cambess em sucessão a adubos verdes e dinâmica da decomposição da microbiota do solo.** 2019. 41 p. Tese (Pós- Graduação em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados-MS.

BALDOTTO, M.A.; BALDOTTO, L.E.B. Initial performance of corn in response to treatment of seeds with humic acids isolated from bokashi. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 62-67, 2016.

BARBOSA, V. S. **Características das mudas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC. (Rubiaceae) propagadas em diferentes substratos e desenvolvimento das plantas no campo.** 2021. 28 p. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia

– Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados-MS.

BILIO, R. S.; COELHO, M. F. B.; CAMILI, E. C.; GAVILON, V. H. R. Temperature and seed germination of *Alibertia edulis*. **Journal of Global Biosciences**, v. 7, n. 1, p. 5313-5318, 2018.

BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; AMANCIO LIMA, V. F. Produção de manjeriço com diferentes tipos de substratos e recipientes. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 39-44, 2014

BOECHAT, C.L.; SANTOS. J.A.G.; ACCIOLY, A.M.A. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with 'Fermented Bokashi Compost'. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 257-284, 2013.

BUENO, N. R.; CASTILHO, R. O.; COSTA, R. B.; POTT, A.; POTT, V. J.; SCHEIDT, G. N.; BATISTA, M. S. Medicinal plants used by the Kaiowá and Guarani indigenous populations in the Caarapó Reserve, Mato Grosso do Sul. (Brazil). **Acta Botânica Brasileira**, v 19, n. 1, p. 39-44, 2005.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. M.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção de feijão e milho. II Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.

EGUCHI, E.S.; CECATO, U.; MUNIZ, A.S.; MARI, G.C.; MURANO, R.A.C.; SOUSA NETO, E. L. Physical and chemical changes in soil fertilized with poultry manure with and without chiseling. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 316-321, 2016.

EVANGELISTA, A. W. P.; VIEIRA, M. A.; ALVES, J. J.; BRASIL, E. P. F.; CASAROLI, D. Seedling production of *Jatropha curcas* in substrates fertilized with lithothamnium. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, p. 132-139. 2016.

FARIA, R. T.; STEGANI V.; BERTONCELLI D. J.; ALVES, G. A. C.; ASSIS, A. M.; Substrates for the cultivation of epiphytic orchids. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2851-2866, 2018

GHASEMI, H.; ESMAEILLI, M. A.; MOHAMMADIAN, R. Effects of nitrogen on chlorophyll fluorescence and the relationship between chlorophyll content and SPAD values in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under drip-tape system. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 12, n. 3, p. 117-12, 2017.

JOLY C. A.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; BOLZANI, V. S.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, n. 89, p.114-133, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 2. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 384p.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2006. 640 p.

MANGIORI, V. R. L.; TAVARES FILHO, J. Disposição de resíduos sólidos no solo: efeito nos atributos físicos, químicos e na matéria orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 747-764, 2015.

MARIN, A. M. F. **Potencial nutritivo de frutos do cerrado: composição em minerais e componente não convencional.** 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana)-Universidade de Brasília.

PEREIRA, G. F. **A família Rubiaceae Juss. na vegetação ripária de um trecho do alto rio Paraná, Brasil, com ênfase à tribo Spermaceae.** 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Departamento de Biologia, Universidade Estadual do Maringá.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do Cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológica**, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

ROGERI, D. A.; ERNANI, P. R.; MANTOVANI, A.; LOURENCO, K. S. Composition of poultry litter in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0140697, 2016.

SANTOS, C. C.; ORTEGA, R. C. C.; SILVÉRIO, J. M.; POYER, H. C.; SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. Nitrogen in the initial growth and photosynthesis photochemical in *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1379 - 1388, 2020a.

SANTOS, C. C.; VIEIRA, M. C.; EIDT, P. J.; HEREDIA, Z. N. A.; CARNEVALI, T. O.; ARAN, H. D. V. R. Avaliação de substratos na emergência e crescimento inicial de marmelo do Cerrado (*Alibertia edulis* Rich.) em bandejas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 2236-7934, 2014.

SANTOS C. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. O.; GONCALVES, W. V. Organic residues and bokashi influence in the growth of *Alibertia edulis*. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 1, p. e20171034, 2020b.

SILVA, M. P.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D.; ARRUDA, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 233-243, 2014.

SOBRINHO P. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; LUZ, P. B.; CAMILI, E. C.; Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 382-389, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888 p.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 2, p. 63-640, 2011.





## Capítulo 5

### **Guavira e guabiroba: aspectos fisiológicos sob condições ambientais e tratos culturais**

Silvana de Paula Quintão Scalon; Cleberton Correia Santos  
Universidade Federal da Grande Dourados; E-mails: silvanascalon@ufgd.edu.br;  
cleber\_frs@yahoo.com.br

#### **1. Introdução geral**

As espécies do gênero *Campomanesia* pertencem à família Myrtaceae. A *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg., conhecida como guavira, distribui-se desde a Venezuela, por toda a Amazônia, até o Uruguai. No Brasil, é nativa dos campos e savanas do Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. A *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg. é conhecida como guabiroba tendo também ampla distribuição geográfica, sendo encontrada na região sul do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, com ocorrência em fitofisionomias do Bioma Mata Atlântica, como florestas estacionais e do Bioma Cerrado, em matas de galerias (Sobral et al., 2015; Proença et al., 2011)

A planta de guavira possui folhas e frutos com propriedades medicinais. As folhas apresentam flavonóides e fenóis (Ajalla, 2012) que são compostos com propriedades antioxidantes, antiulcerogênicas, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antivirais (Sangalli et al., 2002; Castro et al., 2022), o que potencializa a importância dessa espécie em termos de cultivo para comercialização. O fruto pode ser coletado em diferentes estágios de amadurecimento porque apresenta potencial para ser utilizado “in natura”, na indústria

alimentícia e como aromatizante na indústria de bebidas.

As folhas da planta de guabiroba são usadas na medicina tradicional brasileira para tratar várias doenças, dentre elas a gripe, inflamações, reumatismo, colesterol e doenças relacionadas com o fígado (Dalanhol et al., 2017), além de ser uma fonte de compostos antioxidantes (Zuninga et al., 2018). Estudos têm demonstrado que essa planta pode ser considerada uma excelente opção para paisagismos e para restauração em áreas degradadas de preservação permanente (Vallilo et al., 2008; Mendes et al., 2018) e de matas ciliares (Dalanhol et al., 2017), pois é uma espécie classificada como secundária tardia (Gandolfi et al., 1995), que apresenta um bom desenvolvimento em locais sombreados. Os frutos da planta de guabiroba são suculentos e doces, podendo ser consumidos in natura ou utilizados na produção de geleias, doces, sucos, licores e sorvetes (Lorenzi, 2008).

A exploração dos frutos das plantas de *Campomanesia* ainda ocorre de forma extrativista por serem coletados diretamente de populações naturais e, por isso, torna-se necessário o conhecimento e a divulgação de informações sobre a capacidade de germinação de suas sementes e da produção de mudas (Scalon et al., 2020).

Neste contexto, nossos trabalhos buscaram avaliar o efeito das condições ambientais e dos tratos culturais na germinação e na produção de mudas dessas duas espécies, bem como avaliar nas plantas formas de reduzir o efeito estressante das diferentes disponibilidades de água.

## **2. Efeito das condições ambientais e dos tratos culturais na germinação e na produção de mudas de duas espécies de *Campomanesia***

### **2.1. Guavira (*Campomanesia adamantium*)**

Em trabalho experimental realizado por Dresch et al.

(2014) observou-se que as sementes das plantas de guavira (*C. adamantium*) eram recalcitrantes, toleraram a redução do teor de água para 15,3% mas não o armazenamento a baixa temperatura. As sementes não apresentaram dormência e a emergência das plântulas chegou a 98% quando a semeadura foi realizada no substrato composto de Latossolo Vermelho Distroférico associado com areia (1:1, v/v) ou com substrato comercial Bioplant® e mantido na capacidade de retenção de água de 75% e 100% onde levam ao redor de 17 dias para emergir e com praticamente 100% de sobrevivência das plântulas (Dresch et al., 2013).

Estudos realizados com plantas de *Campomanesia* mostraram que, em geral, o crescimento das mudas era muito lento (Scalon et al., 2020). As plantas de *C. adamantium* apresentaram, entre os 275 e 300 dias após transplântio (DAT), entre 32 e 50 cm de altura sendo que as mudas cultivadas a pleno sol tinham altura semelhante à das mudas sob sombreamento mas, o diâmetro do coleto e a massa seca das raízes foram maiores a pleno sol (Ajalla et al., 2014).

As mudas de *C. adamantium* quando cultivadas por 31 dias sem irrigação apresentaram taxa fotossintética quase nula mas, ao ser novamente irrigadas apresentaram potencial de recuperação elevado pois, em apenas cinco dias apresentaram valores superiores ao das mudas irrigadas normalmente (Junglos et al., 2016).

## **2.2. Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*)**

### **2.2.1. Respostas metabólicas das mudas de *Campomanesia xanthocarpa* aos fatores ambientais água e luminosidade**

Em trabalho experimental realizado por Silvério et al. (2018) foi observado que as mudas de guabiroba (*C. xanthocarpa*) apresentaram altura de 16,5 a 17,82 cm, entre 150

e 240 dias após o transplante. Também foi observado que sob baixa disponibilidade hídrica no substrato as mudas apresentavam baixo padrão de qualidade, sendo que o cultivo sob restrição hídrica por 28 dias causava redução no número de folhas mas, com a retomada da irrigação esse número aumentava e alcançava valores semelhantes ao das mudas irrigadas normalmente (Araújo et al., 2020).

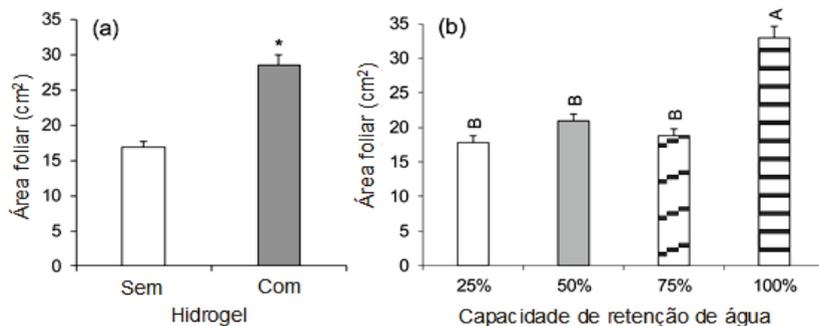
As mudas de guabiroba cultivadas com e sem sombreamento e com diferentes doses de fósforo adicionados ao solo não foram influenciadas significativamente pelas doses de fósforo (0, 50, 100, 150, 200 mg kg<sup>-1</sup> de solo) no diâmetro do caule, no número de folhas e na relação altura/diâmetro. Ao relacionar o sombreamento observou-se que diferentes períodos após o transplante mostraram maior diâmetro do coleto e do número de folhas aos 240 dias após o transplante (DAP) (Tabela 1). A maior razão de altura/diâmetro em plantas sombreadas foi observada aos 150 DAT, e este indicador foi reduzido aos 240 DAT, no mesmo ambiente luminoso (Silvério et al., 2018).

Em estudo realizado com mudas de *C. xanthocarpa* cultivadas com e sem polímero hidroretentor, com diferentes capacidades de retenção de água no substrato (25, 50, 75 e 100%), Santos et al. (2021) observaram que a área foliar das mudas foi maior quando cultivadas na presença de polímero hidroretentor (Figura 1a) e com disponibilidade de água de 100% da capacidade de retenção do substrato (Figura 1b). Esses autores levantaram a hipótese de que a adição de polímero hidroretentor no substrato deve ter aumentado seu gradiente de potencial de água e que a água deve ter translocado de forma mais eficiente através dos vasos xilemáticos para as folhas, expandindo sua área por unidade, maximizando assim a capacidade fotossintética

**Tabela 1.** Diâmetro do coleto, número de folhas e relação altura/diâmetro de plantas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas com diferentes níveis de sombreamento em função de dias após o transplante (DAT).

DAT	Diâmetro coleto (mm)		Número de folhas		Altura/Diâmetro	
	Níveis de sombreamento (%)					
	0	50	0	50	0	50
60	1,95 aA	1,69 bB	9,10 bA	10,60 bA	6,16 bB	7,70 bA
150	2,44 aA	1,87 bB	14,90 aA	15,40 bA	6,47 abB	9,99 aA
240	2,05 aB	3,53 aA	10,00 aB	22,70 aA	7,78 aA	5,51 cB
C.V. (%)	24,12		44,97		25,25	

Letras minúsculas nas colunas, para dias após o transplante, e maiúsculas nas linhas, para ambientes, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, e t de Student, respectivamente ( $p > 0,05$ ). Adaptado de Silvério et al. (2018).

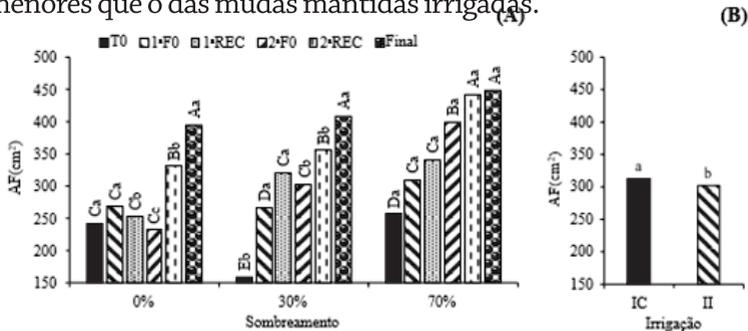


**Figura 1.** Área foliar de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas com ou sem polímero hidroretentor no substrato (1a), com diferentes capacidades de retenção de água no substrato (25, 50, 75 e 100%) (1b). Adaptado de Santos et al. (2021).

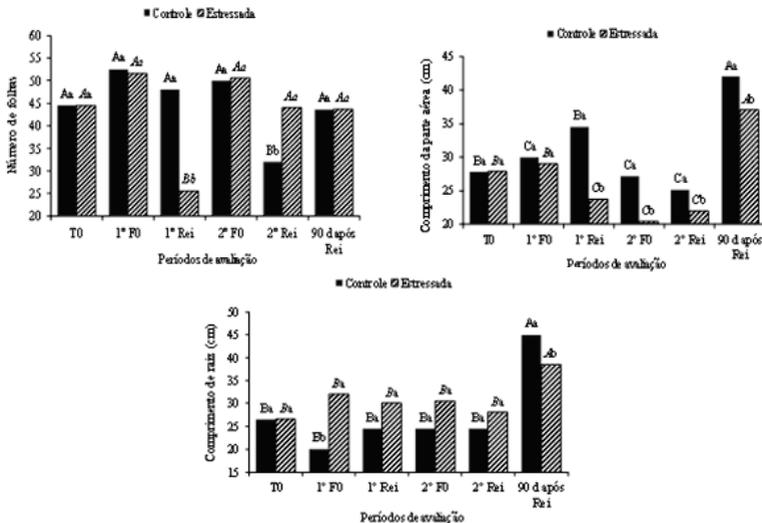
Ao estudar o comportamento de mudas de *C. xanthocarpa* quando cultivadas sob irrigação contínua ou com irrigação intermitente (com déficit hídrico), Bartieres et al. (2020) observaram que a área foliar das mudas foi maior quando cultivadas sob sombreamento mais intenso (70%), condição que induziu maior crescimento da área foliar (Figura 2a e b), independentemente da forma de irrigação

Avaliando dois ciclos de suspensão da irrigação no cultivo de mudas de *C. xanthocarpa*, Araújo et al. (2020) observaram que após o primeiro ciclo, quando a taxa fotossintética se aproximou de zero, aos 28 dias sem irrigação, as mudas estressadas apresentaram

aumento do crescimento radicular (Figura 3b) e redução da parte aérea (Figura 3) em relação às mudas que foram irrigadas normalmente, característica que permaneceu no seguinte ciclo de suspensão da irrigação, que foi até os 92 dias, mesmo com a retomada da irrigação. Entretanto, no final das avaliações, aos 172 dias, tanto o crescimento da parte aérea quanto o radicular foram menores que o das mudas mantidas irrigadas.



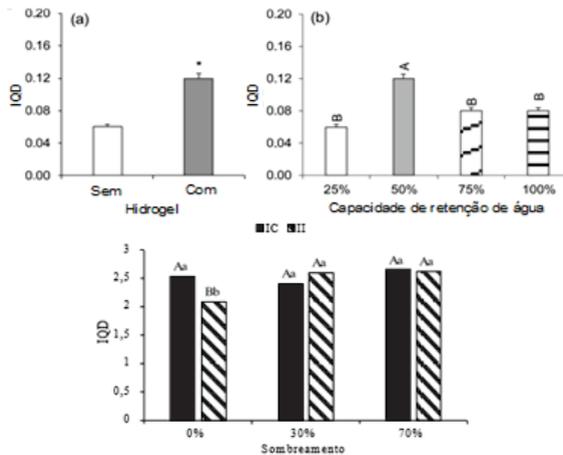
**Figura 2.** Área foliar de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas sob irrigação contínua-IC ou intermitente-II sob diferentes sombreamentos (0, 30 e 70%). Fonte: Bartieres et al., 2020



**Figura 3.** Número de folhas (A) comprimento de raiz (B) e de parte aérea (C) de mudas de *C. xanthocarpa* sob diferentes regimes de irrigação (Controle = irrigação contínua) e déficit hídrico. Letras minúsculas comparam os diferentes regimes hídricos no mesmo período de avaliação pelo teste t ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam o tratamento controle nos diferentes períodos de avaliação pelo teste de Scott-Knott test ( $p < 0,05$ ). Adaptado de Araújo et al. (2020).

Também foi observado que o número de folhas (Figura 3c) reduziu aos 31 dias, isto é, após a retomada da irrigação, como reflexo do estresse ocorrido no primeiro ciclo de suspensão da irrigação, porém, no segundo ciclo de suspensão da irrigação o número de folhas não variou em relação ao das mudas irrigadas (Araújo et al., 2020).

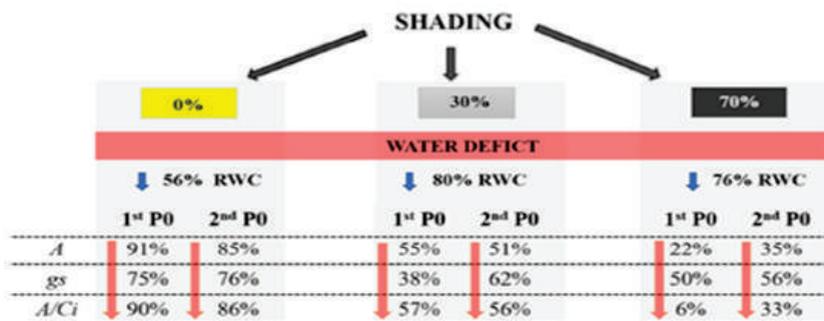
Santos et al. (2021) observaram que, para as mudas sujeitas ao déficit hídrico, a adição do polímero hidroretentor permitiu a manutenção elevada da qualidade das mudas (Figura 4a), mas a utilização do polímero em condição de cultivo com maior disponibilidade de água reduziu essa qualidade (Figura 4b). O crescimento e a qualidade das mudas de *C. xanthocarpa* foram muito prejudicados quando as mudas foram cultivadas sob déficit hídrico (II) e a pleno sol mostrando que o sombreamento tanto a 30% quanto a 70% de sombra (Figura 4c), atenuou os efeitos deletérios da baixa disponibilidade hídrica para essa espécie (Bartieres et al., 2023).



**Figura 4.** Índice de qualidade de Dickson (DQI) de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas sob diferentes regimes hídricos (irrigação contínua e intermitente = déficit hídrico) e níveis de sombreamento (c); com adição ou não de polímero hidroretentor (a) e diferentes capacidades de retenção de água no substrato (b). Em c, letras maiúsculas comparam a mesma condição de irrigação em diferentes tonalidades, enquanto as minúsculas comparam diferentes condições de irrigação no mesmo sombreamento. As médias de sombreamento foram comparadas com o teste de Tukey; períodos experimentais, teste de Scott Knott; e condições de irrigação, teste t de Bonferroni. Em todos os casos, foi utilizado 5% de probabilidade. Adaptado de Bartieres et al. (2023) e Santos et al. (2021)

Trabalho realizado por Bento et al. (2016) mostrou que houve redução da taxa fotossintética nas mudas de *C. xanthocarpa*, com valores próximo a zero, aos 28 dias de cultivo sem irrigação e que elas se recuperaram após 10 dias da retomada da irrigação.

Resultados obtidos por Bartieres et al. (2020) ao estudarem mudas de *C. xanthocarpa* cultivadas sob dois ciclos de suspensão da irrigação associados a diferentes níveis de sombreamento mostraram que o sombreamento mitigou significativamente os efeitos prejudiciais do déficit hídrico sobre o metabolismo fotossintético, uma vez que o cultivo a pleno sol (0% de sombreamento) causou uma redução de 85 a 91% na taxa fotossintética mantendo apenas 56% do conteúdo relativo de água nas folhas- CRAF (Figura 5). Sob sombreamento de 30%, o CRA das folhas foi de 80% e a redução na taxa fotossintética foi de 51 a 55%. Em relação às respostas das mudas ao maior sombreamento, que foi de 70%, o CRA foi de 76%; porém, a redução na taxa fotossintética variou entre 22% e 35%.



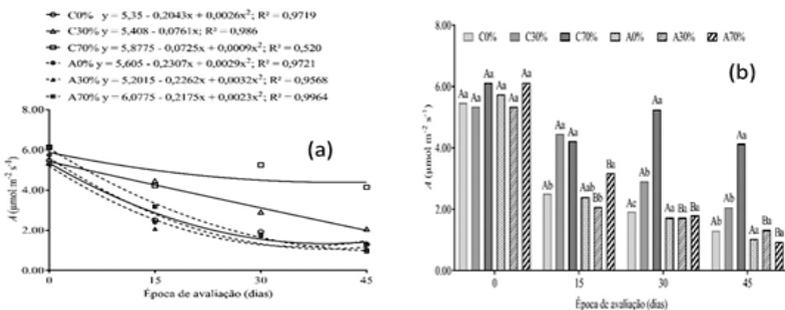
**Figura 5.** Representação do efeito do sombreamento (0, 30 e 70%) sobre a porcentagem de redução de parâmetros fotossintéticos (A= taxa fotossintética; gs = condutância estomática; A/Ci = eficiência da Rubisco) em função do conteúdo relativo de água nas folhas de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* sob déficit hídrico intermitente comparado ao cultivo sob irrigação contínua. Fonte: Bartieres et al. (2020).

Comportamento semelhante foi observado para condutância estomática (gs) e eficiência de carboxilação da Rubisco (A/Ci). As mudas sombreadas apresentaram menores porcentagens de redução de alguns parâmetros envolvidos na produção de fotoassimilados, quando comparadas com as mudas

cultivadas 0% de sombreamento

As mudas de *C. xanthocarpa* cultivadas sob restrição hídrica apresentaram um sistema antioxidante ativo com aumento da atividade da superóxido dismutase e peroxidase, tanto na parte aérea quanto nas raízes, o que, segundo Araújo et al. (2020), deve ter favorecido a recuperação das mudas após a retomada da irrigação. Os autores sugerem que esse comportamento pode justificar o uso dessa espécie em projetos de recuperação de áreas degradadas devido à sua ocorrência em ambientes com baixa disponibilidade hídrica, o que é atribuído à plasticidade para se ajustar ao déficit hídrico temporário.

Em estudo para avaliar o comportamento das mudas de *C. xanthocarpa* sob alagamento por até 45 dias, Jesus et al. (2021) observaram que, embora 100% das mudas tenham sobrevivido durante as avaliações, elas foram muito sensíveis a essa condição de cultivo. Apresentaram redução da taxa fotossintética já aos 15 dias, independente do sombreamento, embora aos 15 dias sob 70% de sombreamento a redução fotossintética tenha sido um pouco menor. Vale ressaltar que a taxa fotossintética, embora reduzindo com o tempo de avaliação, permaneceu maior nas mudas controle sob sombreamento e nas demais condições de cultivo, mostraram uma tendência de se ajustar e recuperar os valores após 30 dias (Figura 6).

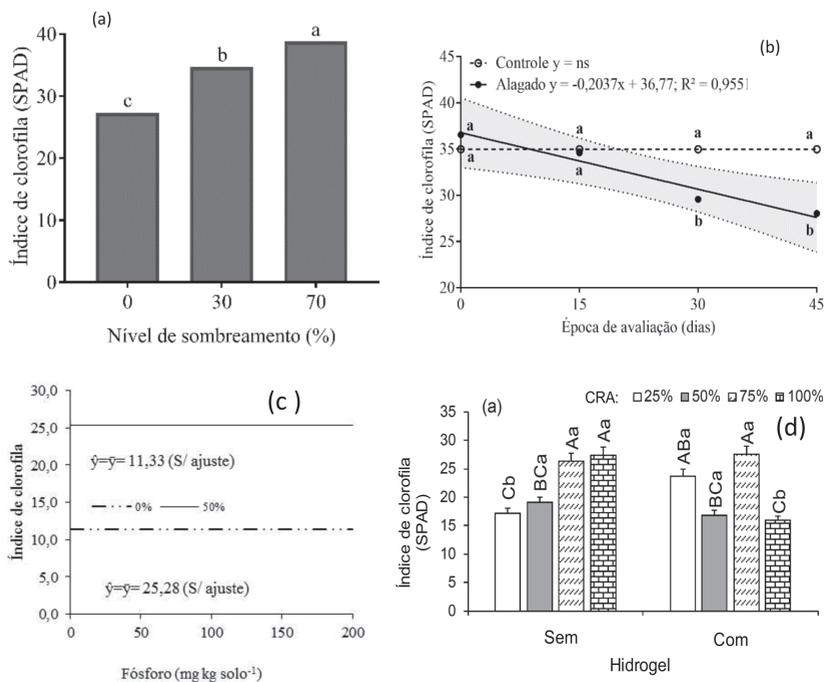


**Figura 6:** Taxa fotossintética de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas sob diferentes períodos de alagamento (0, 15, 30 e 45 dias; C= controle e F = alagamento) e de sombreamento (0, 30 e 70%). Letras maiúsculas iguais não diferem entre si para regime hídrico em cada nível de tempo e sombreamento pelo teste t de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais não diferem entre si para sombreamento em cada nível de tempo e regime hídrico, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Autor: Jesus et al. (2021).

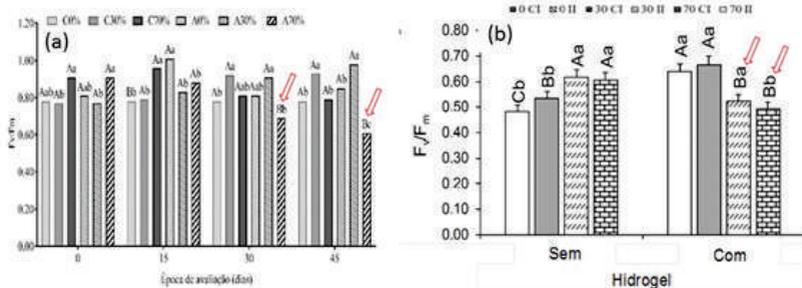
O índice de clorofila das mudas cultivadas por diferentes períodos sob alagamento se mantiveram maiores quando cultivadas sob 70% de sombreamento mas com o aumento do tempo de alagamento essas características reduziram quando comparadas às mudas que são cultivadas sob alagamento (Figuras 7 a, b) (Jesus et al., 2021). Sob altos níveis de sombreamento, tanto Silvério et al. (2020) quanto Jesus et al. (2021) também observaram que as mudas apresentaram aumentos significativos no índice de clorofila, o que representa uma habilidade da espécie de se ajustar ao sombreamento e com isso aumentar a absorção luminosa. A adubação fosfatada levou a respostas variáveis em relação ao índice de clorofila, que se manteve maior nas mudas sob sombreamento (Silvério et al. 2020) (Figura 7c).

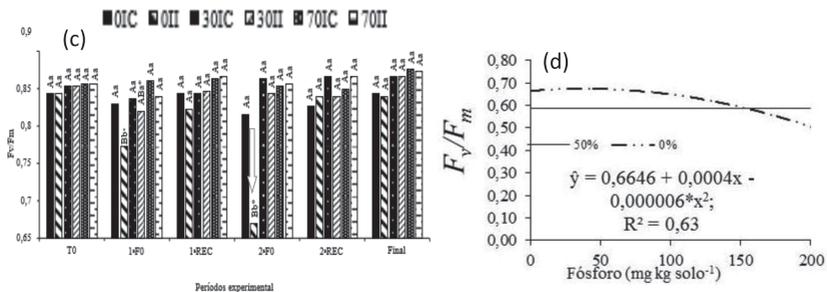
As mudas produzidas em diferentes capacidades de retenção de água no substrato apresentaram menor índice de clorofila sob 25% e 50% CRA quando cultivadas sem a adição de polímero hidrorretentor (WRP) no substrato (Figura 7d), enquanto aquelas sob 25% CRA com adição do polímero apresentaram aumento de clorofila, com valores próximos aos das mudas com 75% ou 100% CRA sem polímero hidrorretentor. No entanto, a adição de polímero hidrorretentor ao substrato e a manutenção de 100% CRA provocaram uma redução no índice SPAD (Santos et al., 2021).

Os resultados observados na literatura, independente de as mudas serem cultivadas por algum período sob déficit hídrico ou alagamento, comprovam que *C. xanthocarpa* desenvolve-se melhor em locais com algum nível de sombreamento (Figura 8 a, c) (Bartieres et al., 2020; Silvério et al., 2020; Jesus et al., 2021); porém, o sombreamento não consegue reduzir o estresse do alagamento prolongado, e quando é mais intenso (70% de sombreamento por exemplo), e pode inclusive, ser estressante quando associado ao alagamento por um período mais prolongado (Figura 8a) (Jesus et al., 2021). Entretanto, o sombreamento consegue mitigar o estresse causado pelo déficit de água, conforme foi observado por Bartieres et al. (2023) (Figuras 8 a, c).



**Figura 7:** Índice de clorofila em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* Berg. cultivadas sob alagamento e sombreamento **(a, b)**, ao sombreamento e doses de fósforo **(c)** e a diferentes capacidades de retenção de água e presença ou não de polímero hidroretentor **(d)**. Em b = o preenchimento da área mostra as bandas de confiança de 95%. ns = não significativo; em d = letras maiúsculas comparam as diferentes capacidades de retenção de água dentro do uso ou não do polímero hidroretentor (Tukey,  $p < 0,05$ ) e letras minúsculas comparam o uso do polímero dentro de cada CRA (Teste t de Bonferroni,  $p < 0,05$ ). Adaptado de Jesus et al. (2021); Silvério et al. (2020); Santos et al. (2021)





**Figura 8.** Eficiência quântica potencial do PS II em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em diferentes períodos de avaliação, regimes hídricos (C: controle; F: alagamento, II: irrigação intermitente) (a e b) ou com doses de fósforo (c) sob sombreamento (0%; 30%, 70% = a, b e 0, 50% = c) com diferentes capacidades de retenção de água e adição ou não de polímero hidroretentor (d).

Em a e b = letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais. Letras minúsculas comparam a mesma condição e período de irrigação em diferentes sombreamentos. O asterisco compara as condições de irrigação no mesmo sombreamento e período.

Em d = letras maiúsculas comparam as diferentes capacidades de retenção de água dentro do uso ou não do polímero hidroretentor (Tukey,  $p < 0,05$ ) e letras minúsculas comparam o uso do polímero dentro de cada CRA (Teste t de Bonferroni,  $p < 0,05$ ). Adaptado de Jesus et al. (2021); Bartieres et al. (2023) e Silvério et al. (2020)

Em geral, as mudas cultivadas sob 25 e 50% da capacidade de retenção de água no substrato apresentaram redução da eficiência quântica do PS II (Fv/Fm); entretanto, na presença do polímero hidroretentor as mudas com menor disponibilidade de água (25 e 50% CRA) apresentaram maior Fv/Fm e com maior disponibilidade hídrica (75 e 100% CRA) essa relação reduziu (Santos et al., 2021)(Figura 8 b). Provavelmente, na presença do polímero, a maior oferta de água para a planta pode causar condição de estresse. Assim, tanto a deficiência de água quanto o excesso podem causar estresse nas mudas de *C. xanthocarpa* e esses autores chegaram a essa conclusão baseando-se no valor de referência da característica Fv/Fm, que quando está abaixo de 0,75 representa condição estressante.

Silvério et al. (2020) observaram que a adubação fosfatada contribui para a mitigação de danos fotoquímicos nas mudas de *C. xanthocarpa* sob cultivo a pleno sol, uma vez que elas apresentaram maiores rendimentos fotoquímicos com adição de baixas doses de fósforo (Figura 8 d). Os maiores valores das fluorescências variável e máxima da clorofila-*a* foram com 10,8 e 11,6 mg P kg<sup>-1</sup> em ambiente sombreado, e com 120,00 e 81,81 mg P kg<sup>-1</sup> sob pleno sol. A maior eficiência fotoquímica no fotossistema II (Fv/Fm) foi sob pleno sol com 33,33 mg P kg<sup>-1</sup>. Assim, as mudas cultivadas sob sombreamento apresentaram maior rendimento fotoquímico e crescimento inicial com a adição ao solo de doses baixas de fósforo (10-35 mg P kg de solo<sup>-1</sup>). Para o cultivo sob pleno sol, a adição de 100 mg P kg de solo<sup>-1</sup> favoreceu indicadores fotoquímicos mais estáveis.

As mudas de *C. xanthocarpa* têm potencial para serem inseridas em áreas com diferentes gradientes luminosos na fase inicial de crescimento considerando a quantidade adequada de fertilizantes que requerem, como áreas degradadas, que podem exigir doses mais altas de fósforo, a fim de mitigar danos fotoinibitórios no processo fotoquímico. Outra alternativa é inserir as mudas em sistemas agroflorestais multiestratificados sob o dossel de outras espécies arbóreas, caracterizando condições de sub-bosque, com baixas doses de P. No entanto, enfatizamos que as respostas iniciais de crescimento, ou seja, na fase de mudas, não são suficientes para prever informações de desenvolvimento e produtividade, exigindo mais estudos agrônômicos e florestais.



## REFERÊNCIAS:

AJALLA, A. C. A.; VIEIRA, M. C.; VOLPE, E.; HEREDIA ZÁRATE, N. A. Crescimento de mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira), submetidas a três níveis de sombreamento e substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 449-458, 2014.

AJALLA, A. C. **Desenvolvimento e produtividade da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg proveniente de mudas submetidas a diferentes substratos e níveis de sombreamento.** 2012. 46p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, MS.

ARAÚJO, L. F. B., SCALON, S. P. Q., DRESCH, D. M., JUNGLOS, F. S., MUSSURY, R. M., JUNGLOS, M. S. Water Deficit Alters Morpho-Anatomical and Antioxidant Responses in Seedlings of *Campomanesia xanthocarpa* Enabling their Recovery . **International Journal of Agricultural Biology**, v. 24, n. 6, p. ???, 2020.

BENTO, L. F.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, Z. V. Potential for recovery of *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O Berg seedlings from water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 30, p. 2775-2785, 2016.

BARTIERES, E. M. M., DRESCH, D. M., REIS, L. C., PEREIRA, Z. V., MUSSURY, R. M., SCALON, S. P. Q. Shading minimizes the effects of water deficit in *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg seedlings . **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e244718, 2023,.

BARTIERES, E. M. M.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; CARDOSO, E. A. S.; JESUS, M. V.; PEREIRA, Z. V. Shading as a means of mitigating water deficit in seedlings of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 48, n. 1, p. 234- 244, 2020.

CASTRO, T. L. A.; SOUZA, L. P.; CARDOSO, C. A. L. Potencial antioxidante e antimicrobiano das folhas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista Cereus**, v. 14, n. 3, p. 183-195, 2022.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de Micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 931-945, 2017.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E.; MUSSURY, R. M. Storage of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg seeds: influence of water content and environmental temperature. **American Journal of Plant Research**, v. 5, p. 2555-2565, 2014.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E.; VIEIRA, M. C. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 262-271, 2013.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

JESUS, M. V.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; LINNÉ, J. A.; REIS, L. C. Physiological behavior of *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. seedlings under flooding and shading. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3149-3166, 2021.

JUNGLOS F.S.; JUNGLOS, M.S.; DRESCH, D.M.; PEREIRA, N.S.; KODAMA, F.M.; SCALON, S.P. Q. Recovery of the photosynthetic capacity of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae) after water deficit. **Brazilian Journal of Botany**, v.39, n.2: 541-546, 2016.

KLAFKE, J. Z.; SILVA, M. A.; PANINGAS, T. F.; BELLI, K. C.; OLIVEIRA, M. F.; BARICHELLO, M. M.; RIGO, F. K.; ROSSATO, M. F.; SANTOS, A. R. S.; PIZZOLATTI, M. G.; FERREIRA, J.; VIECILI, P. R. N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 127, p. 299-305, 2010.

MENDES, R. M.; PINTO, E.; SOARES, D. Determinação dos compostos bioativos da gabiroba. **Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 68-72, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1. 2008. 384 p.

PROENCA, C.E.B., JENNINGS, L.V.S. AND LUCAS, E.J. Two New Species of Myrtaceae (Myrteae) from Northern South America. **Brittonia**, n. 63, p. 46-50, 2011.

SANGALLI, A.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA, N.A.Z. Levantamento e caracterização de plantas nativas com propriedades medicinais em fragmentos florestais e de Cerrado de Dourados - MS, numa visão etnobotânica. **Acta Horticulture**, v. 569, p. 173-184, 2002.

SANTOS, C. C., SILVERIO, J.M., SCALON, S.P. Q., VIEIRA, M.C. Hydrogel and water regimes in the chlorophyll-*a* fluorescence and growth of *Campomanesia xanthocarpa* seedlings. **Engenharia Agrícola**, v.41, n.3, p.330-337, 2021.

SCALON, S.P.Q. ; DRESCH, D.M., SANTOS, C.C. Guavira. In: Scalon, S.P.Q. **Frutas do cerrado: sementes e mudas** / Organizadora Silvana de Paula Quintão Scalon. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

SILVERIO, J.M., ESPÍNDOLA, G.M., SANTOS, C.C., SCALON, S.P.Q., VIEIRA, M.C. Phosphate fertilization and shading on the initial growth and photochemical efficiency of *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Floresta**, v. 50, n. 4, p. 1741 - 1750, 2020.

SOBRAL, M., PROENÇA, C., SOUZA, M., MAZINE, F. AND LUCAS, E. Myrtaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

VALLILO, M. I.; LAMARDO, L. C. A; GABERLOTTI, M. L.; OLIVEIRA, E. de; MORENO, P. R. H. Composição química de frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. Berg. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.805-810, 2006.

VIECILI, P. R. N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 127, p. 299-305, 2010.

ZUNINGA, A.; COQUEIRO, K. T. O.; SIQUEIRA, A. S. Capacidade antioxidante de frutos nativos do cerrado (*Hancornia speciosa*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Eugenia dysenterica*) uma breve revisão. **Revista Desafios**, v. 5, n. 1, p.128-134, 2018.



## Capítulo 6

### **Marmelo e marmelinho: aspectos fisiológicos sob condições ambientais e tratos culturais**

Silvana de Paula Quintão Scalon; Cleberton Correia Santos  
Universidade Federal da Grande Dourados;  
E-mails: silvanascalon@ufgd.edu.br; cleber\_frs@yahoo.com.br

#### **1. Introdução geral**

O marmelo [*Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC.] e o marmelinho [*Alibertia sessilis* (Vell.) K.Schum.] (Rubiaceae) são espécies com características alimentícia e medicinal, muito frequentes no Cerrado e na região amazônica (Rodrigues e Carvalho, 2001), encontrando-se também em sub-bosques de florestas ciliares das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Rodrigues et al., 2010).

O marmelo é uma espécie arbórea, que pode atingir 2 a 3 m de altura. O extrato aquoso das folhas por decoção apresentam atividade antibacteriana e leishmanicida (Marques et al., 2013), antidiurética e anti-hipertensiva (Aquino et al., 2017).

O marmelinho é subarbustiva. Os ramos e as folhas são usados em preparações medicinais para curar afecções da pele ou serem utilizados para compressa, banhos e como cataplasma (Almeida et al., 1998). Em trabalho realizado por Silva et al. (2007) foi observado que o extrato etanólico dos ramos apresentou atividade antifúngica, no controle de *Cladosporium cladosporioides* e *Cladosporium sphaerospermum*.

Devido aos escassos estudos sobre a propagação e produção de mudas dessas espécies nossos trabalhos buscaram

avaliar o efeito das condições ambientais e dos tratos culturais na germinação e produção de mudas dessas espécies, bem como avaliar formas de reduzir o efeito estressante das diferentes disponibilidades de água.

## **2. Efeito das condições ambientais e dos tratos culturais na germinação e na produção de mudas de duas espécies de *Alibertia***

### **2.1 Efeitos na germinação**

A germinação das sementes das duas espécies de *Alibertia* estudadas variou de 50 (*A. sessilis*) a 72 dias (*A. edulis*) até cessar o período de emergência (Mota et al., 2017; Jeromine et al., 2019). Em trabalho realizado por Masetto et al. (2018), foi observado que o tempo médio de emergência de *A. edulis* foi de 28 dias sob condições controladas de câmara de germinação.

Em revisão de literatura realizada por Scalon et al. (2020), encontram-se citações de que as sementes de *A. edulis* apresentam fotoblastismo neutro, mas que logo após a germinação a parte aérea desenvolve-se melhor em presença de luz. A melhor temperatura para germinação das sementes é de 25°C e a germinação não ocorre em temperaturas abaixo de 20°C. As sementes são sensíveis ao estresse salino causado por NaCl, KCl e CaCl<sub>2</sub>, porque afetam negativamente a germinação e o crescimento das plântulas (Nunes et al., 2014). Que as sementes de marmelo podem ser classificadas como de tolerância intermediária ao armazenamento a -18°C em razão de ter germinação superior a 50%, por até 90 dias, quando tiveram redução do teor de água para 5% (Bento et al., 2016).

Silva et al. (2018) verificaram que porcentagens de emergência superiores a 65% para *A. sessilis* ocorreu quando semeadas em Latossolo Vermelho Distroférrico (LVd sem nenhuma mistura) (S1) e 100% substrato comercial (Tropstrato®) (S2) , onde as plântulas apresentaram altura

média de 2,0 cm. Por outro lado, no substrato LVd + areia, houve menor emergência.

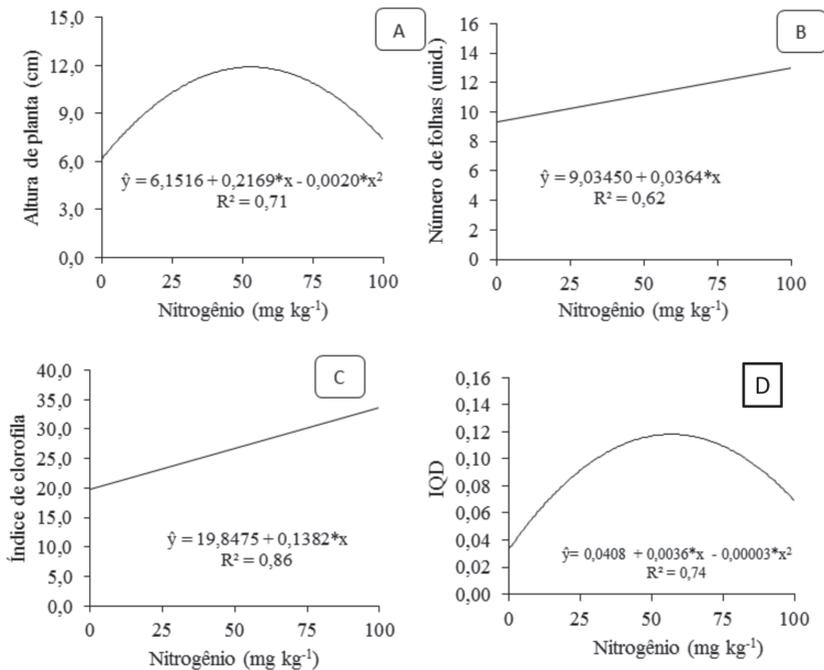
Conforme relatos feitos por Mota et al. (2017) e Jeromine et al. (2010), as respostas das sementes das duas espécies, marmelo (*A. edulis*) e marmelinho (*A. sessilis*) são dependentes do tipo de substrato e da disponibilidade hídrica; entretanto, em diferentes substratos sob 25% da capacidade de retenção de água no substrato não ocorre germinação.

## **2.2. Características das mudas**

Conforme relatos feitos por Mota et al. (2017) e Jeromine et al. (2010), as respostas das mudas das duas espécies, marmelo (*A. edulis*) e marmelinho (*A. sessilis*), sugere que o crescimento das mudas dessas espécies é muito lento.

Em trabalho realizado por Jeromine et al. (2019), foi observado que as mudas de marmelo com 8 meses de idade apresentaram a maior altura, que foi de 16,68 cm, quando cultivadas no substrato Latossolo Vermelho Distroférico + areia + substrato comercial Bioplant® mas, apresentaram maior qualidade quando cultivadas em solo misturado com cama de frango base casca de arroz (IQD = 1,64) ou com Organosuper® (IQD = 1,74), e misturados com o biofertilizante Bokashi (Santos et al., 2020c) .

Em estudo realizado por Santos et al. (2020b) foi observado que a altura, o número de folhas e o índice de clorofila das plantas de *A. sessilis* foram influenciados pela concentração de N no solo (Figura 1A, B, C). Foi observada altura máxima de 12,03 cm com a adição de 54,22 mg kg<sup>-1</sup> N; maior número de folhas de 13,5 foi observado com 100 mg kg<sup>-1</sup> de N (Figura 1B) e o maior índice de clorofila (35, Falker) ocorreu com 100 mg kg<sup>-1</sup> N (Figura 1C).



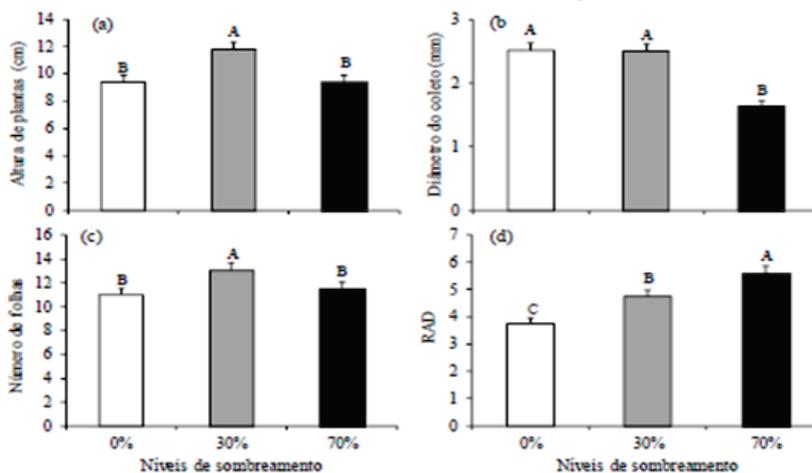
**Figura 1.** Altura (A), número de folhas (B), índice de clorofila (C) e índice de qualidade de mudas – Dickson (D) de *A. sessilis* produzidas com diferentes doses de nitrogênio. Fonte: Santos et al., 2020b.

A qualidade das mudas de *A. sessilis* foi maior quando receberam dose de nitrogênio entre 50 e 77 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 2D) e em relação ao fornecimento de água, a menor qualidade foi na capacidade de retenção de água de 50% em todos substratos avaliados por Mota et al. (2017), indicando que a água é o fator mais limitante para o desenvolvimento dessa espécie. Esses autores recomendam produzir essa espécie com 75% ou 100% da CRA em substrato Latossolo Vermelho Distroférico + areia + cama de frango. No entanto, observaram que em 100% da CRA no Latossolo Vermelho Distroférico + substrato comercial (1:1), houve um incremento substancial para essa característica. Segundo esses autores a maior disponibilidade de nutrientes e capacidade de manutenção da umidade no substrato são fatores que contribuem na produção de mudas. A qualidade das mudas de

*A. sessilis* foi influenciada pela concentração de N, sendo que o maior valor (0,15) foi nas mudas produzidas com 43,75 mg kg<sup>-1</sup> Nitrogênio (Figura 2D) (Santos et al., 2020 b).

Em revisão realizada por Santos et al. (2020 b) cita-se que foi observado nas mudas de *A. sessilis* característica semelhante às das plantas que apresentam crescimento visual mais acentuado e pigmentação verde que se relaciona com as das plantas com boa eficiência nutricional, especialmente eficiência de uso de N. O aumento desse pigmento fotossintético com a adição de N é uma característica desejável, pois favorece a produção de biomassa em detrimento da quantidade de fotoassimilados que são produzidos.

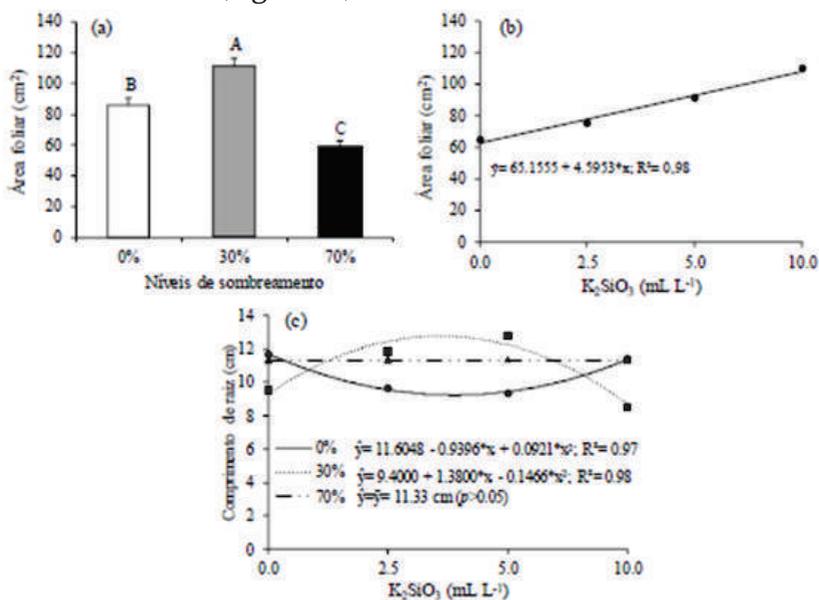
Avaliando o crescimento das mudas de *A. edulis* sob diferentes níveis de sombreamento Paula et al. (2021) observaram que a altura (11,80 cm. Figura 2a) e o número de folhas (13 folhas, Figura 2b) foram maiores sob 30% de sombra e deduziram que os menores valores dessas características sob pleno sol devem ter relação com mecanismos para reduzir a perda de água por transpiração. O diâmetro do coleto (DC) foi menor quando as mudas foram cultivadas sob 70% de sombra (Figura 2c).



**Figura 2.** Altura (a), diâmetro do coleto (b), número de folhas (c) e relação altura/diâmetro – RAD (d) em mudas de *A. edulis* produzidas sob diferentes níveis de sombreamento. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Fonte: Paula et al. (2021).

O maior sombreamento é uma condição favorável à manutenção da umidade do solo, e essa condição favorece o transporte de água e nutrientes do solo para a planta, entretanto, o cultivo de mudas sob maior disponibilidade luminosa, conforme observado pelos autores (Paula et al., 2021) sob 0% e 30% de sombreamento, causa maior evaporação de água do substrato e transpiração foliar, havendo necessidade de maior capacidade de translocação de água e solutos, o que pode causar maior diâmetro de caule. Entretanto, o incremento do DC deve ser acompanhado em altura, pois caso contrário as mudas apresentam aspecto de estiolamento, como observado na RAD das mudas sob 70% de sombra (Figura 2d).

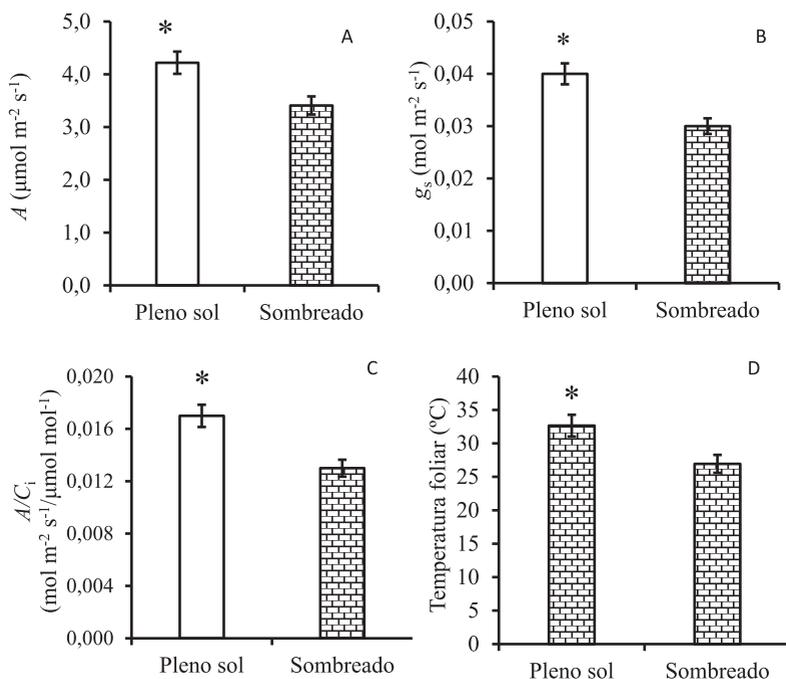
A área foliar (AF) das mudas de *A. edulis* foi maior quando cultivadas sob 30% de sombreamento (109,25 cm<sup>2</sup>) (Figura 3a) com crescimento linear (111,08 cm<sup>2</sup>) com o aumento da dose de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> fornecida (Figura 3b).



**Figura 3.** Área foliar (a, b) e comprimento de raiz (c) de mudas de *A. edulis* produzidas com doses de silicato de potássio sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ) (a). \*t ( $p < 0,05$ ; b-c). Fonte: Paula et al. (2021).

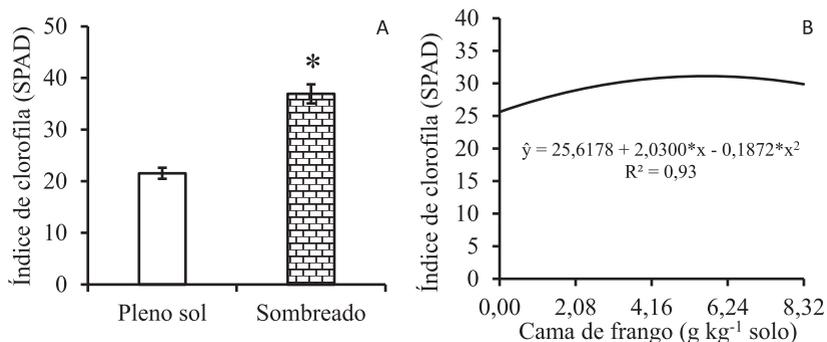
As mudas apresentaram maior comprimento de raiz (12,35 cm, Figura 3c) quando cultivadas sob 30% de sombreamento e 4,70 mL L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, enquanto que sob pleno sol (0%), os maiores valores (11,66 e 11,40 cm) ocorreram com 0,0 (11,66 cm) e 10,0 (11,40 cm) mL L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Os autores (Paula et al., 2021) sugerem que a aplicação de 10,0 mL L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> diminuiu os efeitos negativos promovidos pelo pleno sol e potencializou as características de crescimento das mudas sob 30% de sombra.

Em estudo realizado por Santos et al. (2020a) com mudas de *Alibertia edulis* foi observado que a taxa fotossintética-A, a condutância estomática-g<sub>s</sub>, a eficiência de carboxilação-A/C<sub>i</sub> e a temperatura foliar foram influenciadas pela luminosidade, com maiores valores nas mudas cultivadas a pleno sol (Figura 4) .



**Figura 4:** Taxa assimilatória de CO<sub>2</sub> -  $\underline{A}$  (A), condutância estomática (B), eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco (C) e temperatura foliar (D) em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas a pleno sol ou sombreadas. \*diferença significativa, pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ).

Estudando as características das mudas de *A. edulis* cultivadas com ou sem cama de frango e a pleno sol ou com sombreamento, Santos et al (2020a) observaram que o índice de clorofila das mudas foi maior (37 SPAD) nas folhas das mudas sombreadas (Figura 5a) e quanto aos resíduos orgânicos, o índice SPAD máximo (31) foi obtido com a adição de 5,42 g kg<sup>-1</sup> de CM (Figura 5b). Os aspectos das mudas nessas condições de cultivo encontram-se na Figura 6.

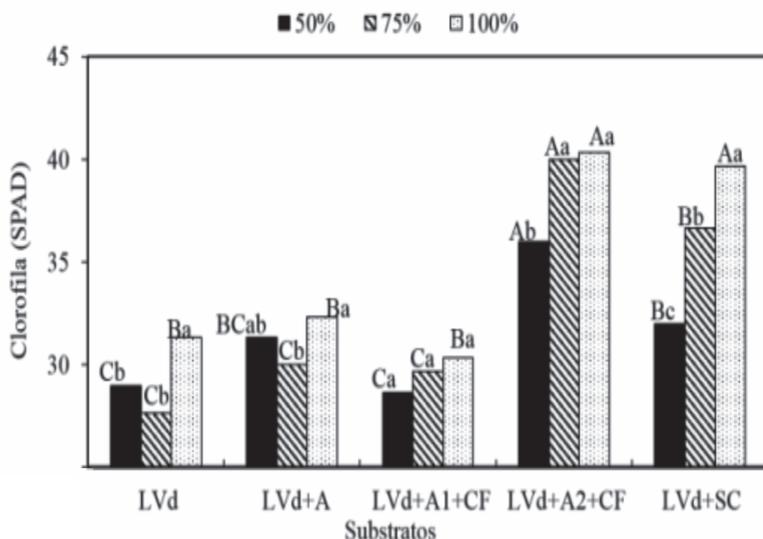


**Figura 5.** Índice de clorofila em mudas de *A. edulis* cultivadas com ou sem cama de frango a pleno sol ou sombreamento de 50% (a, b). Fonte: Santos et al, 2020a



**Figura 6.** Plantas jovens de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob diferentes disponibilidades luminosas. UFGD, Dourados – MS, 2019. Fonte: Santos, C. C. (2016).

As mudas de *A. sessilis* cultivadas com 50% da capacidade de retenção de água (CRA) no substrato apresentaram menor índice de clorofila em praticamente todos os substratos avaliados por Mota et al. (2017) (Figura 7). No substrato Latossolo Vermelho distroférico + areia (A2) + cama de frango semidecomposta (CF) (1:2:0,5) o índice SPAD foi maior em todos os níveis de capacidade de retenção de água avaliados, não apresentando variação do substrato Latossolo Vermelho distroférico + substrato comercial a 100% de CRA. Os autores sugerem que a redução dos teores de clorofila das mudas cultivadas sob 50% CRA ocorre devido à menor síntese de pigmentos, uma vez que não foi observado amarelecimento ou abscisão foliar. As plantas cultivadas em substrato contendo cama de frango e substrato comercial apresentaram maior teor de clorofila, o que pode estar relacionado ao maior teor de nitrogênio encontrado na mistura.



**Figura 7.** Índice de clorofila em mudas de *A. sessilis* produzidas em diferentes substratos (LVd=Latossolo Vermelho Distroférico; A= areia; CF= cama de frango semidecomposta; SC= substrato comercial) e capacidades de retenção de água (50, 75 e 100%). Autor: Mota et al. (2017).

Na avaliação do efeito da adição de resíduos orgânicos em substratos para mudas de *A. edulis*, Santos et al. (2020c) testaram a cama de frango semidecomposta com casca de arroz (CFC) (4,16 g kg<sup>-1</sup>); cama de frango semidecomposta base maravalha (CFM) (4,16 g kg<sup>-1</sup>); Organosuper® (ORG) (4,16 g kg<sup>-1</sup>); farelo de mamona (FM) (0,83 g kg<sup>-1</sup>) e o controle (somente solo), associados (COM) ou não (SEM) com bokashi (Tabela 1). Os autores observaram que os maiores níveis de clorofila *a* foram observados nas folhas das mudas cultivadas com CFC, CFM e ORG, todas com bokashi; em relação à clorofila *b* foi em ORG, com bokashi, e para clorofila total em ORG, com bokashi e CFC, sem e com bokashi. Além disso, o aumento dos níveis de clorofilas nas plantas cultivadas em CFC ou ORG, ambos com bokashi, pode estar associado ao teor de nutrientes de sua composição química, especialmente magnésio, que faz parte da molécula de clorofila.

**Tabela 1:** Teores de clorofila *a*, *b* e total de folhas de *Alibertia edulis* cultivado em vasos com solo e resíduos orgânicos, sem e com Bokashi. UFGD, Dourados-MS, 2015.

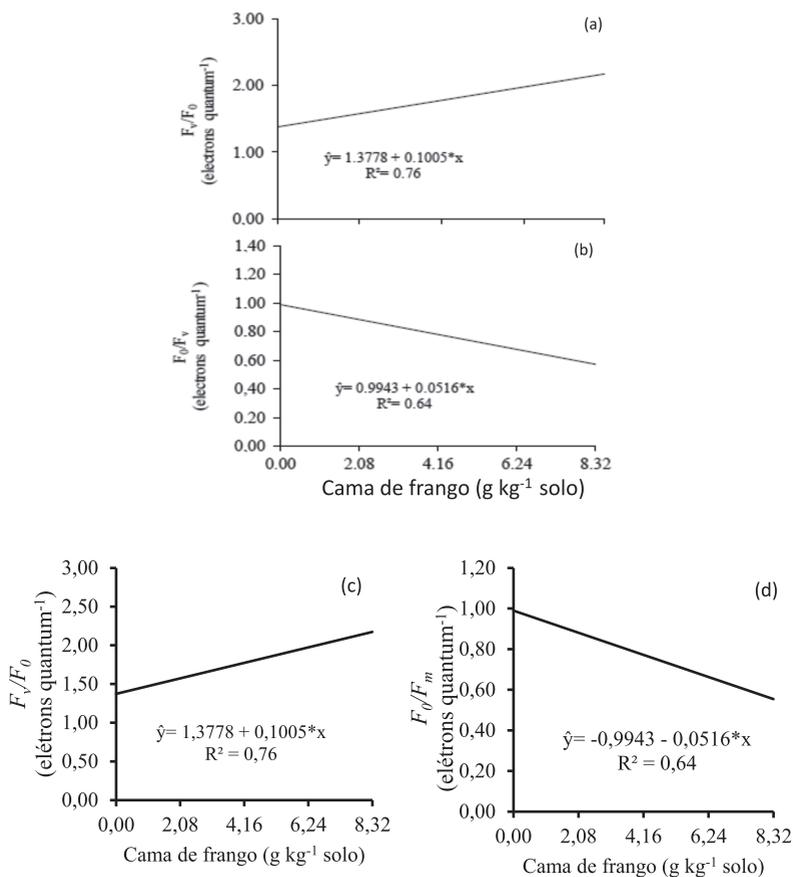
Resíduos	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofila total	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
CFC	27,56 aB	28,65 aA	18,52 aA	16,15 bB	46,09 aA	44,80 abA
CFM	23,13 bB	25,74 aA	11,89 bB	15,35 bA	35,03 bB	41,09 bA
ORG	16,61 cB	25,84 aA	11,87 bB	21,08 aA	28,49 cB	46,92 aA
FM	16,73 cA	13,74 bB	10,14 bA	5,35 cB	26,88 cA	19,09 cB
Solo	21,40 bA	15,02 bB	11,70 bA	7,29 cB	33,11bA	22,31 cB
C.V. (%)	7,26		11,37		6,12	

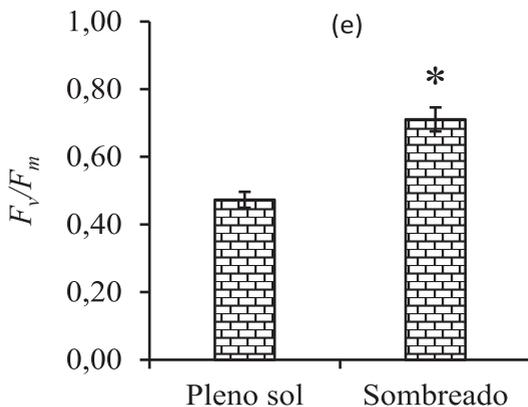
CFC = cama de frango base casca de arroz; CFM = cama de frango base maravalha; ORG = Organosuper®; FM = farelo de mamona; SEM = sem Bokashi; COM = com Bokashi.

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, nas colunas, para resíduos, não diferem entre si pelo teste de Tukey, e maiúsculas nas linhas, para Bokashi, não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5%.

As mudas de *A. edulis* apresentaram aumento de Fv/F0 e redução de F0/Fv, com doses crescentes de cama de frango (CF); o mais alto (2,18 elétrons quantum<sup>-1</sup>) e a razão mais baixa (0,582 elétrons quantum<sup>-1</sup>) foram observadas com a adição de 8,32 g kg<sup>-1</sup> de CF, respectivamente. Quanto ao ambiente, o maior Fv/F0 foi de 2,58 elétrons quantum<sup>-1</sup> nas folhas das mudas sombreadas

(Figura 8a), e a  $F_0/F_v$  foi de 1,16 elétrons quantum<sup>-1</sup> em pleno sol (Figura 8b). Esse resultado demonstra a estabilidade da transferência de elétrons no centro de reação porque a razão  $F_v/F_0$  é considerada como um indicador da máxima eficiência no processo fotoquímico em PS II e/ou da atividade fotossintética potencial (quantidade máxima da razão de produção de processos fotoquímicos concorrentes em PS II) (Silva et al., 2015), demonstrando o efeito benéfico de CM nas reações fotoquímicas da fotossíntese.





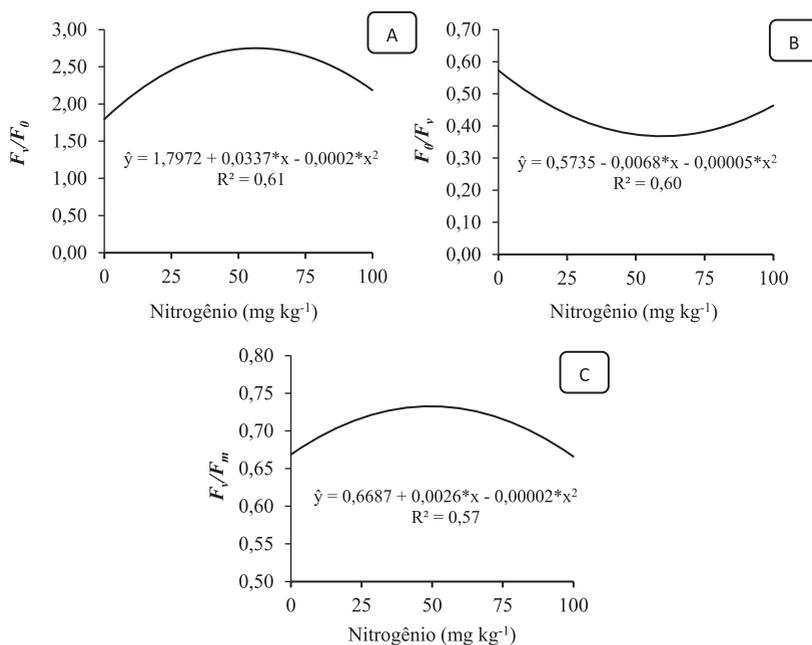
**Figura 8.** Eficiência de conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) (a-b) e desempenho máximo não fotoquímico ( $F_0/F_v$ ) (c-d) e Eficiência quântica potencial do OS II ( $F_v/F_m$ ) (e), em folhas de *A. edulis* cultivadas a pleno sol ou sombreadas (a-b) ou com cama de frango (c-d). \*Teste t de Student para disponibilidade luminosa, e regressão para doses de CF ( $p < 0,05$ ) Fonte: Santos et al. (2020a)

A maior razão  $F_v/F_m$  (eficiência fotoquímica do fotossistema II) ( $0,711$  elétrons  $\text{quantum}^{-1}$ ) ocorreu em mudas sob sombra (Figura 7e) e a menor, a pleno sol, sugerindo que esse ambiente de crescimento é estressante para essa espécie e que a maior  $F_v/F_m$  está associada à radiação fotossinteticamente ativa mais alta neste ambiente, o que favoreceu os maiores níveis de trocas gasosas ( $A$ ,  $g_s$  e  $A/C_i$ ) (Figura 8c,d,e).

Os resultados dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* indicam que as mudas de *A. edulis* apresentaram mecanismos de ajuste em condições adversas. Eles são mais eficientes no aproveitamento da luminosidade porque apresentam uma maior  $F_v/F_m$  no ambiente sombreado, e uma maior dissipação quando submetido à exposição plena ao sol. Cultivo a pleno sol e adição de  $4,32$  g CF  $\text{kg}^{-1}$  solo pode ter favorecido o funcionamento do aparato fotossintético nas mudas de *A. edulis* e proporcionado maior produção de fotoassimilados. Segundo Silva et al. (2015), em um ambiente sombreado, as mudas apresentam indicadores fotoquímicos mais viáveis com dose máxima ( $8,32$  g) de cama de frango.

Em estudo realizado com mudas de *A. sessilis*, Santos et al. (2020b) obtiveram máximos valores para  $F_v/F_0$ ,  $F_v/F_m$  e mínimo  $F_0/F_v$  de 2,722, 0,728 e 0,353 elétrons quantum<sup>-1</sup> com doses de nitrogênio entre 65,00 e 68,00 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 9).

Os resultados obtidos nos diferentes estudos realizados com mudas de *A. edulis* permitiram que Santos et al. (2020c) concluam que elas responderam positivamente à adição de resíduo orgânico no substrato de cultivo, pois as mudas apresentaram aumento das características de crescimento, pigmentos fotossintéticos e eficiência do fotossistema II, com maior produção de biomassa e qualidade da muda. Além disso, a adição de Organosuper® ou cama de frango base casca de arroz, em associação com bokashi no substrato, poderia ser utilizado para potencializar o crescimento inicial do marmelo do cerrado.



**Figura 9:** Eficiência de conversão da energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) (a), rendimento máxima não fotoquímica ( $F_0/F_v$ ) (b) e eficiência fotoquímica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) (c) em folhas de *Alibertia sessilis* cultivadas com doses de nitrogênio. Fonte: Santos et al. (2020b)

Já, nos estudos realizados por Santos et al. (2020b) com mudas de *A. sessilis* as conclusões foram que a concentração de nitrogênio que poderia ser recomendada durante a fase inicial de cultivo é de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ , para obter plantas com padrão de qualidade superior. Para induzir maior eficiência fotoquímica da fotossíntese, foi melhor a fertilização nitrogenada com doses entre 60 e  $85 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N}$ .

Santos et al. (2020) observaram que a adição de cama de frango base casca de arroz e de maravalha e Organosuper® na formulação de substrato com Latossolo Vermelho Distroférico, todos com adição de biofertilizante Bokashi® favoreceu aumento do teor de carotenoides nas folhas de *A. edulis* (Tabela 2), fato importante pois auxilia nos mecanismos de proteção quando as mudas estão sujeitas a condições adversas. De acordo com os autores, os melhores resultados fisiológicos observados com o uso de resíduos orgânicos e Bokashi® devem-se tanto à melhoria dos atributos químicos e físicos dos substratos quanto pela maior atividade microbiológica que favorece a decomposição e mineralização da matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes para o metabolismo foliar e crescimento das mudas.

Em trabalho de Santos et al. (2020) com *A. edulis*, os autores observaram que a eficiência quântica potencial fotoquímica no fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e a de conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) foi maior nas mudas produzidas com cama de frango base casca de arroz, independente da adição do biofertilizante Bokashi® (Tabela 3). Por outro lado, os menores valores foram observados quando o cultivo foi feito em substrato contendo cama de frango base maravalha para  $F_v/F_m$  e base maravalha, Organosuper® e solo puro para  $F_v/F_0$ . Os autores associaram que os melhores resultados dessas características fotoquímicas são explicados pelos maiores teores de fósforo no substrato com cama de frango base casca de arroz devido à menor relação C/N desse material, especialmente, em comparação à de base maravalha. Consequentemente, esses maiores rendimentos fotoquímicos resultaram em produção de

biomassa e qualidade das mudas. Nesse sentido, reforçamos que o uso de resíduos orgânicos é uma prática que contribui positivamente no funcionamento estável do aparato fotoquímico e produção de fotoassimilados.

**Tabela 2.** Teores de carotenoides de folhas de marmelo do Cerrado cultivado em vasos com solo e resíduos orgânicos, sem e com bokashi.

<b>Carotenoides</b>		
	<b>Resíduos</b>	
	Sem	Com
Cama de frango base casca de arroz	12,27 aB	13,14 aA
Cama de frango base maravalha	9,43 bB	11,56 bA
Organosuper*	8,80 bB	12,98 aA
Farelo de mamona	8,28 bA	5,62 dB
Solo	9,44 bA	7,50 cB
C.V. (%)	5,96	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, nas colunas, para resíduos, não diferem entre si pelo teste de Tukey, e maiúsculas nas linhas, para Bokashi, não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5%.

**Tabela 3:** Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e eficiência efetiva de conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) de folhas do marmelo do Cerrado cultivado em vasos com solo e resíduos orgânicos, sem e com Bokashi.

	<b><math>F_v/F_m</math></b>	<b><math>F_v/F_0</math></b>
<b>Bokashi</b>		
Sem	0,6731 a	2,2585 a
Com	0,6732 a	2,2597 a
<b>Resíduos Orgânicos</b>		
CFC	0,7313 a	2,9050 a
CFM	0,6126 b	2,0086 b
ORG	0,6752 ab	2,0184 b
FM	0,6770 ab	2,4055 ab
Solo	0,6696 ab	1,9579 b
C.V. (%)	11,16	23,74

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, para resíduos orgânicos, a 5%.

Os menores valores foram observados quando o cultivo foi feito em substrato contendo cama de frango base maravalha para  $F_v/F_m$  e base maravalha, Organosuper\* e solo puro para  $F_v/F_0$ . Os autores associaram que os melhores resultados dessas

características fotoquímicas são explicados pelos maiores teores de fósforo no substrato com cama de frango base casca de arroz devido à menor relação C/N desse material, especialmente, em comparação à de base maravalha. Consequentemente, esses maiores rendimentos fotoquímicos resultaram em produção de biomassa e qualidade das mudas. Nesse sentido, reforçamos que o uso de resíduos orgânicos é uma prática que contribui positivamente no funcionamento estável do aparato fotoquímico e produção de fotoassimilados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.

AQUINO, D. F. D. E. S.; TIRLONI C. A. S.; MENEGATTI, S. E. L. T.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SIMONET, A. M.; MACÍAS, F. A.; GASPAROTO, A. *Alibertia edulis* (L.C Rich.) AC Rich – A potent diuretic arising from Brazilian indigenous species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 19, n. 6, p.193-200, 2017.

BENTO, L. F. ; DRESCH, D. M. ; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E. . Storage of *Alibertia edulis* seeds: Influence of water content and storage conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1646-1655, 2016.

GUO, W., NAZIM, H., LIANG, Z., YANG, D. Magnesium deficiency in plants: an urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p.83-91, 2016.

JEROMINI, T. S.; MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; SCALON, L. Q. Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* rich. **Floresta**, v. 49, n. 1, p. 89-98, 2019.

LIMA, A.L.S., ZANELLA, F., CASTRO, L.D.M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazônica**, v. 10, n.1, p.43-48, 2010.

MARQUES, M. C. S.; HAMERSKI, L.; GARCEZ, F. R.; TIEPPO, C.; VASCONCELOS, M.; TORRESSANTOS, E. C.; GARCEZ, W. S. In

vitro biological screening and evaluation of free radical scavenging activities of medicinal plants from the Brazilian Cerrado. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 7, n.15, p. 957-962, 2013.

MASETTO, T. E.; NEVES, E. M. S.; SCALON, S. P.Q. Physiological Conditioning of *Alibertia edulis* (Rich) Seeds. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, p. 1004-1013, 2018.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R., DRESCH, D. M. Substrates and water availability on the emergence and initial growth of *Alibertia sessilis* Schum. seedlings. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 513-522, 2017.

NUNES, D. P.; SCALON, S.P.Q.; BONAMIGO, T.; MUSSURY, R.M. Germinação de sementes de marmelo: temperatura, luz e salinidade. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1737-1745, 2014.

PAULA, E.H.L.; PAULINO, L.R.; SANTOS, C.C; SCALON, S.P.Q.; VIEIRA, M.C.; Níveis de sombreamento e silicato de potássio influenciam o crescimento de mudas de *Alibertia edulis* Rich. **Resumo, CONVIBRA, 2021**

RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio cerrado na Região do Alto Rio Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 102-123, 2001.

RODRIGUES, V. H. P.; LOPES, S. F.; ARAÚJO, G. M.; SCHIAVINI, I. Composição, estrutura e aspectos ecológicos da floresta ciliar do rio Araguari no Triângulo Mineiro. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 87-105, 2010.

SANTOS, C. C., BERNARDES, R. S., GOELZER, A., SCALON, S. P. Q., VIEIRA, M. C. Chicken manure and luminous availability influence gas exchange and photochemical processes in *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich seedlings. **Engenharia Agrícola**, n°40, n.4, p. 420-432, 2020a.

SANTOS, C. C., ORTEGA, R.C.C., SILVÉRIO, J.M., POYER, H.C., SCALON, S. P. Q., VIEIRA, M. C. Nitrogen in the initial growth and photosynthesis photochemical in *Alibertia sessilis* (VELL.) K. SCHUM. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1379 – 1388, 2020b.

SANTOS, C. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. O.; GONÇALVES, W. V. Organic residues and bokashi influence in the growth of *Alibertia edulis*. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2020c.

SCALON, S.P.Q. ; DRESCH, D.M., SANTOS, C.C. Marmelo. In: Scalon, S.P.Q. **Frutas do cerrado: sementes e mudas** / Organizadora Silvana de Paula Quintão Scalon. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

SILVA, V. C.; BOLZANI, V. S.; YOUNG, M. C. M.; LOPES, M. N. A new antifungal phenolic glycoside derivative, iridoids and lignin's from *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum. (Rubiaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 7, p. 1405-1409, 2007.

SILVA, F.G.S., DUTRA, W.F., DUTRA, A.F., OLIVEIRA, I.M., FILGUEIRA, L.M.B., MELO, A.S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p. 946-952, 2015.

SILVA, L. F. P.; LIMA JUNIOR, R. P. O.; PIESANTI, M.; SILVA, M. M. M.; MESQUITA, Y. S.; VIEIRA, M. C.; SANTOS, C. C. Substratos na emergência e morfometria inicial de mudas de *Alibertia sessilis* Schum. In: 19° Workshop de Plantas Mediciniais e 9° Empório da Agricultura Familiar, 2018, Dourados. **Anais** do 19° Workshop de Plantas Mediciniais e 9° Empório da Agricultura Familiar, 2018. p. 1-5.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 6 ed. 2017, 888p.



## Capítulo 7

### **Potencialidades dos aromas e chás da guavira, fruto símbolo de Mato Grosso do Sul**

Thiago Luis Aguayo de Castro<sup>1</sup>; Maria do Carmo Vieira<sup>2</sup>; Claudia Andrea Lima Cardoso<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Estudos em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados-MS, Brasil. E-mail: thiagoaguayo@gmail.com; claudia@uem.br

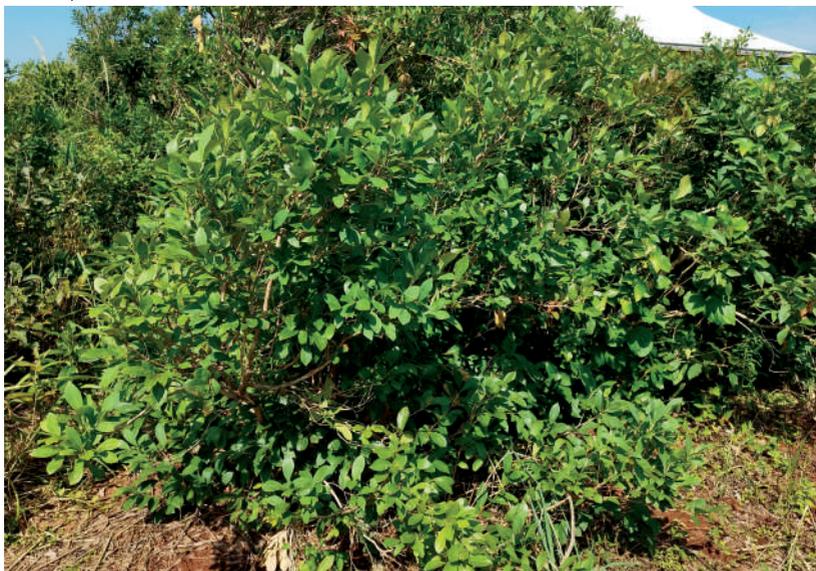
<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil. E-mail: mariavieira@ufgd.edu.br

#### **1. Introdução**

Os indígenas apresentam uma rica tradição no uso de plantas para fins medicinais (Bueno et al., 2005; Coelho et al., 2019). O uso tradicional dessas espécies está associado aos compostos bioativos; por causa disso, o estudo químico das plantas nativas do Brasil, com destaque para as de Mato Grosso do Sul, é de grande relevância para o desenvolvimento de novos produtos (Kingston, 2011). A indústria de cosméticos tem aproveitado a riqueza da biodiversidade na elaboração de diferentes produtos que são aromatizados ou que apresentam funcionalidades resultantes do uso de extratos vegetais obtidos de plantas nativas.

Bortolotto et al. (2018) descrevem 294 espécies nativas comestíveis em Mato Grosso do Sul (MS), Brasil e Castro et al. (2022a) relataram aplicações de algumas espécies como fotoprotetoras. Neste contexto, o gênero *Campomanesia* apresenta uma forte correlação com a história e a cultura de MS. As plantas desse gênero apresentam frutos comestíveis, que são consumidos pelas populações e fauna locais. Além disso, são elaborados diferentes produtos artesanais com os frutos, dentre eles, sorvetes, geleias, licores e fermentados (Cardoso et al., 2021).

A principal espécie do gênero *Campomanesia* para a cultura Sul-Mato-Grossense é a *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O.Berg (guavira). A espécie é nativa do Cerrado, se caracteriza como um arbusto (Figura 1) que apresenta lâminas foliares glabras lisas e cobertas por glândulas pouco perceptíveis (Oliveira et al., 2020). As folhas apresentam nervura central (Ribeiro et al., 2020) e ductos secretores de compostos químicos como óleos e resinas (Vallilo et al., 2006). A espécie perde as folhas durante o veranico do Cerrado, rebrotando e florescendo no final do período seco (setembro a outubro) e seus frutos amadurecem no início do período chuvoso (novembro a dezembro) (Boletim Sabores, 2022).



**Figura 1** – Espécime de guavira (*C. adamantium*). Fonte: Jéssica Bassani de Oliveira (2022).

Devido à importância da guavira, é realizado em Bonito-MS, o Festival da Guavira, que teve a 18ª edição no ano de 2022 (<https://www.turismo.bonito.ms.gov.br/agenda/18-festival-da-guavira>). O evento conta com atrações culturais e há produção de diferentes produtos com guavira para comercialização, como bolos, sucos, bebidas alcoólicas e condimentos. Outro evento associado com a espécie é o

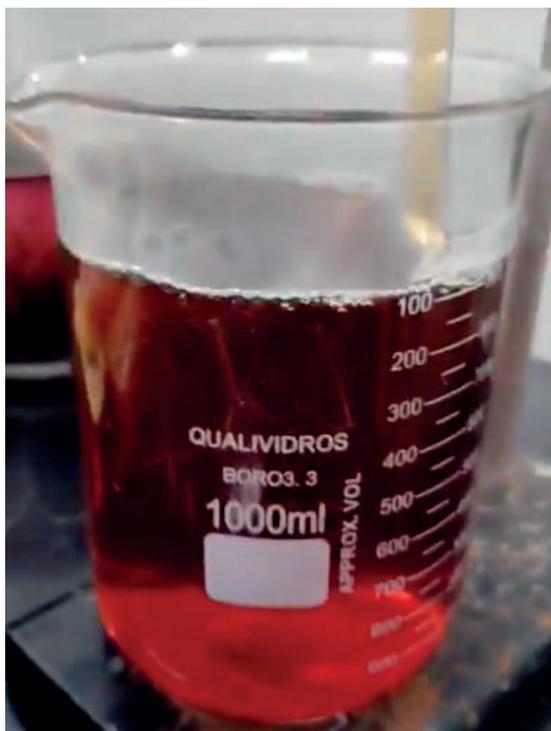
Seminário Estadual da Guavira, que teve sua 5ª edição no ano de 2022 (<https://facfan.ufms.br/v-seminario-estadual-da-guavira-resgate-cultural-e-bioeconomia/>), realizada em Campo Grande-MS, o qual traz debates a respeito do cultivo, conservação, aspectos sociais e desenvolvimento de produtos com guavira.

Devido à relevância da espécie, a Lei 5.082, de 2017 ([encurtador.com.br/lnqEM](http://encurtador.com.br/lnqEM)), tornou o fruto da guavira símbolo de Mato Grosso do Sul, permitindo e incentivando o uso da imagem do fruto em divulgações turísticas do Estado. A coleta das guaviras representa um elo intergeracional, onde pais, filhos e avós compartilham a experiência coletiva de colher o fruto. Entretanto, apesar de não haver um estudo publicado que verifique a situação de conservação da guavira, tem se tornado menos comum a ocorrência dos guavirais, indicando assim a necessidade da conservação da espécie através de políticas públicas e voluntárias.

Neste capítulo serão abordados os estudos que têm sido realizados com a *C. adamantium* que exploram as propriedades e composição dos chás e óleos essenciais.

## **2. O chá de guavira**

Os chás das folhas (Figura 2) são consumidos popularmente, apresentando leve amargor e sendo utilizado no tratamento de problemas estomacais e em casos de diarreia. O sabor se torna desagradável quando a extração é realizada em concentração de 20 g L<sup>-1</sup> devido ao excesso de amargor, por isto recomendam-se preparos menos concentrados em relação às propriedades organolépticas.



**Figura 2** – Coloração do chá (infusão) das folhas de guavira. Foto: Acervo pessoal dos autores.

O chá das folhas de guavira é caracterizado pela presença de compostos fenólicos. Espindola identificou a presença de ácido gálico e ácido elágico em extrato aquoso das folhas (Espindola et al., 2016), enquanto que Campos et al. (2017) identificaram a presença dos ácidos quínico e elágico no extrato aquoso das raízes e ácido quínico, miricetina e quercetina no extrato aquoso das folhas. Castro et al. (2023) identificaram a presença de ácido gálico e rutina nos extratos etanólico e aquoso das folhas. Souza et al. (2019) identificaram a presença de compostos fenólicos e flavonoides totais e taninos condensados no extrato aquoso das folhas.

Popularmente, os chás são preparados por infusão ou

decoção. Castro et al. (2022b) compararam os preparos por decoção e infusão das folhas de guavira e, nesse estudo, a forma de preparo não afetou a atividade antimicrobiana frente aos organismos testados; porém, a infusão apresentou melhor potencial antioxidante com maior teor de flavonoides.

Os extratos aquosos das folhas e raízes apresentaram potencial como anticâncer em teste *in vitro* com células com leucemia no estudo de Campos et al. (2017). No estudo de Espindola et al. (2016) *in vivo* utilizando ratos Wistar, o extrato aquoso da raiz da guavira reduziu o colesterol total e triglicerídios. Em ambos os casos, fazem-se necessários estudos clínicos para confirmar se os efeitos observados *in vitro* e *in vivo* também ocorrem em seres humanos; contudo, já demonstram o grande potencial de tais extratos e a relevância de se realizar estudos farmacológicos com a espécie.

Os extratos aquosos obtidos por infusão e a decoção apresentaram perfis de composição e ação antimicrobiana similares, sendo que a infusão apresentou melhor rendimento na extração, teor de flavonoides e potencial antioxidante em relação à decoção (Castro et al., 2022b).

Há possibilidades de mais estudos com os chás da *C. adamantium*, principalmente tendo em vista que o **Ministério da Agricultura, Pecuária** e Abastecimento (MAPA) inseriu as folhas e frutos da planta na lista de espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados (MAPA, 2021). Neste sentido Verdan et al. (2022) produziram cervejas com folhas ou frutos de guavira.

O extrato aquoso das folhas foi utilizado no estudo de Souza et al. (2019), na qual o extrato reduziu a oviposição da praga agrícola traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella* L.), indicando assim um possível uso no controle de pragas.

O extrato aquoso também pode ser utilizado para

formulações cosméticas para fotoproteção. Castro et al. (2023) realizaram o estudo de otimização da obtenção de extratos antioxidantes e fotoprotetores das folhas da guavira para aplicações cosméticas utilizando misturas de água e etanol na extração; contudo, mistura com maiores teores de etanol, entre 75 e 100% de etanol, apresentaram maiores atividades.

Ainda há poucos estudos explorando as raízes da *C. adamantium*. Espindola *et al.* (2016) avaliaram os efeitos antioxidantes, anti-hiperlipidêmicos e a composição química do extrato aquoso das raízes da espécie. Nesse estudo, foram identificados os ácidos gálico e elágico e o extrato apresentou atividade antioxidante e redução dos níveis séricos de colesterol total e triglicérides em ratos hiperlipidêmicos.

### **3. Guavira e seus aromas**

O óleo essencial é composto por substâncias lipofílicas voláteis, obtido, em geral, por destilação por arraste de vapor (Turek e Stintzing, 2013). Tais compostos estão intimamente associados com os aromas das plantas, fazendo parte de inúmeras funções nas plantas, como na defesa contra predadores e na atração de polinizadores. Esses compostos também são biologicamente muito ativos, apresentando diversas atividades biológicas.

Nas folhas da *C. adamantium* (Figura 3), as substâncias majoritárias identificadas por Stefanello *et al.* (2013), em seu óleo essencial, foram geraniol, espatulenol e globulol. No estudo de Coutinho *et al.* (2009), as principais foram limoneno,  $\alpha$ -pineno e  $\beta$ -pineno, no período reprodutivo, e biciclogermacreno e globulol, no vegetativo. O óleo essencial das folhas apresentou ação antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* e *Escherichia coli*.



**Figura 3** – Folhas de guavira. Fonte: Jéssica Bassani de Oliveira (2022).

Os principais monoterpenos presentes no óleo essencial das folhas de *C. adamantium* são limoneno, verbeneno e geraniol, enquanto que os principais sesquiterpenos são globulol, espatulenol, biciclogermacreno,  $\beta$ -funebreno, germacrene-B,  $\beta$ -mirceno e óxido de cariofileno (Bin et al., 2022). Segundo a pesquisa de Oliveira et al. (2017), após duas horas de hidrodestilação, o rendimento se mantém constante, contudo, os compostos majoritários variam com o aumento do tempo de extração.

No estudo de Alves et al. (2020) com o óleo essencial das folhas da guavira, mostrou-se efeito antiproliferativo, com seletividade para células cancerígenas.

Nas flores da *C. adamantium* (Figura 4), os principais monoterpenos presentes em seu óleo essencial são limoneno, sabineno e  $\alpha$ -tujeno, enquanto que os principais sesquiterpenos são globulol, ledol e  $\alpha$ -cadinol (Bin et al., 2022).

Coutinho et al. (2008) também estudaram a composição química do óleo essencial das folhas e flores da *C. adamantium* e identificaram 82 substâncias nas folhas, sendo o limonene majoritário e 37 substâncias para a flor, apresentando, predominantemente, oledol.

Sá et al. (2018) analisaram e constataram efeito antimicrobiano do óleo essencial das flores, inibindo (concentração inibitória mínima) as bactérias *Listeria monocytogenes* e os fungos *Candida krusei*, *Candida tropicalis* e *Trichophyton rubrum*, na concentração de  $250 \mu\text{g mL}^{-1}$  e *Trichophyton mentagrophytes*, na concentração de  $7.81 \mu\text{g mL}^{-1}$ .

Nos frutos da *C. adamantium* (Figura 5), os principais monoterpenos presentes em seu óleo essencial são limoneno,  $\alpha$ -pineno e (*Z*)- $\beta$ -ocimeno enquanto que os principais sesquiterpenos são globulol, espatulenol, biciclogermacreno, criptomeridiol e tujopseno (Bin et al., 2022).



**Figura 5** – Frutos de guavira. Fonte: Jéssica Bassani de Oliveira (2022).

O óleo essencial dos frutos inteiros (polpa, casca e sementes) de *C. adamantium* é rico em monoterpenos e sesquiterpenos e foram identificados  $\alpha$ -pineno, limoneno e  $\beta$ -(z)-ocimeno como substâncias majoritárias (Vallilo et al., 2006). Já, o óleo essencial extraído apenas da casca dos frutos de *C. adamantium* apresenta, majoritariamente, limoneno e tujopseno, enquanto nos óleos de sementes, foram encontrados limoneno e  $\beta$ -pineno (Lescano et al., 2016). O óleo essencial proveniente da casca e das sementes dos frutos não apresentam sinais de toxicidade clínica e agem como atenuante de dor inflamatória em roedores, indicando assim um possível uso nutracêutico ou farmacológico (Viscardi et al., 2017).

#### **4. Considerações finais**

Como a grande maioria das *Campomanesia* são espécies ocorrentes no Cerrado, a preservação desse bioma significa possibilidades de obtenção de produtos advindos de suas folhas e frutos, dentre eles, alimentos, medicamentos e cosméticos, como os fotoprotetores. Para tanto, são necessários mais estudos em relação aos óleos essenciais e chás, especialmente, os pré-clínicos e clínicos.



## REFERÊNCIAS

ALVES, C. C. F.; OLIVEIRA, J. D.; ESTEVAM, E. B. B.; XAVIER, M. N.; NICOLELLA, H. D.; FURTADO, R. A.; TAVARES, D. C.; MIRANDA, M. L. D. Antiproliferative activity of essential oils from three plants of the Brazilian Cerrado: *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae), *Protium ovatum* (Burseraceae) and *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 290–294, 2020.

BIN, M. C.; SILVA, S. M.; VALLADÃO, D. M. S.; ARGANDOÑA, E. J. S. A review of essential oils and their properties in the genus *Campomanesia* (Myrtaceae) from the Brazilian Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, e215111234243, 2022.

BOLETIM SABORES. **Projeto sabores apresenta: Guavira**, Edição 7, 2022. Disponível em: <https://sabores.ufms.br/files/2022/12/BOLETIM-7-GUAVIRA-CORRIGIDO.pdf>. Acessado em 18 dez 2022.

BORTOLOTTI, I. M.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; POTT, A. Lista preliminar das plantas alimentícias nativas de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia**, v. 73, p. 101-116, 2018.

BUENO, N. R.; CASTILHO, R. O.; COSTA, R. B.; POTT, A.; POTT, V. J.; SCHEIDT, G. N.; BATISTA, M. S. Medicinal plants used by the Kaiowá and Guarani indigenous populations in the Caarapó Reserve, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 39-44, 2005.

CAMPOS, J. F.; ESPINDOLA, P. P. T.; TORQUATO, H. F. V.; VITAL, W. D.; JUSTO, G. Z.; SILVA, D. B.; CAROLLO, C. A.; SOUZA, K. P.; PAREDES-GAMERO, E. J.; SANTOS, E. L. Leaf

and root extracts from *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae) promote apoptotic death of leukemic cells via activation of intracellular calcium and Caspase-3. **Frontiers in Pharmacology**, v. 8, e466, 2017.

CARDOSO, C. A. L. **Plantas do gênero *Campomanesia***: Potenciais medicinal e nutracêutico. Editora UEMS: Dourados, 2021.

CASTRO, T. L. A.; PINTO, G. A. C.; CARDOSO, C. A. L. A systematic review of the photoprotective potential of native edible plants from Mato Grosso do Sul, Brazil. **Orbital - The Electronic Journal of Chemistry**, v. 14, n. 3, p. 182-189, 2022a.

CASTRO, T. L. A.; SOUZA, L. P.; CARDOSO, C. A. L. Potencial antioxidante e antimicrobiano das folhas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista Cereus**, v. 14, n. 3, p. 183-195, 2022b.

CASTRO, T. L. A.; SOUZA, L. P.; LIMA-JÚNIOR, S.E.; CARDOSO, C. A. L. Optimization of obtaining extracts with photoprotective and antioxidant potential from *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 31, e100945, 2023.

COELHO, F. C.; TIRLONI, C. A. S.; MARQUES, A. A. M.; GASPAROTTO, F. M.; LÍVERO, F. A. R.; GASPAROTTO JUNIOR, A. Traditional Plants Used by Remaining Healers from the Region of Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Journal of Religion and Health**, v. 58, p. 572-588, 2019.

COUTINHO, I. D.; CARDOSO, C. A. L.; RÉ-POPPI, N.; MELO, A. M.; VIEIRA, M. C.; HONDA, N. K.; COELHO, R. G. Gas

Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Guavira). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 4, p. 767-776, 2009.

COUTINHO, D.; COELHO, R. G.; KATAOKA, V. M. F.; HONDA, N. K.; SILVA, J. R. M.; VILEGAS, W.; CARDOSO, C. A. L. Determination of phenolic compounds and evaluation of antioxidant capacity of *Campomanesia adamantium* leaves. **Eclética Química**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 53-60, 2008

ESPINDOLA, P. P. T.; ROCHA, P. S.; CAROLLO, C. A.; SCHMITZ, W. O.; PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. C.; SANTOS, E. L.; SOUZA, K. P. Antioxidant and antihyperlipidemic effects of *Campomanesia adamantium* O. Berg root. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, ID 7910340, p. 1-8, 2016.

KINGSTON, D. G. I. Modern natural products drug discovery and its relevance to biodiversity conservation. **Journal of Natural Products**, v. 74, p. 496-511, 2011.

LESCANO, C. H.; OLIVEIRA, I. P.; ZAMINELLI, T.; BALDIVIA, D. D.; SILVA, L. R.; NAPOLITANO, M.; SILVÉRIO, C. B.; LINCOPAN, N.; SANJINEZ ARGANDOÑA, E. J. *Campomanesia adamantium* peel extract in antidiarrheal activity: the ability of inhibition of heat-stable enterotoxin by polyphenols. **Plos One**, v. 11, n. 10, 2016.

MAPA. Institui lista de espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados. PORTARIA INTERMINISTERIAL MAPA/MMA N° 10, de 21 de julho, de 2021.

OLIVEIRA, J. D.; ALVES, D. K. M.; MIRANDA, M. L. D.; ALVES, J. M.; XAVIER, M. N.; CAZAL, C. M.; ALVES, C. C. F. Chemical composition of essential oil extracted from leaves of *Campomanesia adamantium* subjected to different hydrodistillation times. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, e20151131, 2017.

OLIVEIRA, M. I. U.; COSTA, I. R.; PROENÇA, C. E. B. *Campomanesia*. **In: Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020.

RIBEIRO, L. M.; NOBREGA, M. A. S.; SOARES, J. S.; SORGATO, J. C.; VIEIRA, M. C. Caracteres morfoanatômicos de *Campomanesia adamantium*; Uma planta medicinal do cerrado brasileiro. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 17, n. 1, p. 117-125, 2020.

SOUZA, S. A.; COUTO, I. F. S.; PEREIRA, M.; CARDOSO, C. A. L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, F. F.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Aqueous extracts of species of the genus *Campomanesia* (Myrtaceae) affect biological characteristics of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 5, p. 334-341, 2019.

STEFANELLO, M. E. A.; CERVI, A. C.; WISNIEWSKI JUNIOR, A.; SIMIONATTO, E. L. Essential oil composition of *Campomanesia adamantium* (Camb) O. Berg. **Journal of Essential Oil Research**, Reino Unido, v. 20, n. 5, p. 424-425, 2013.

TUREK, C.; STINZING, F. C. Stability of essential oils: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 40-53, 2013.

VALLILO, M. I.; BUSTILLOS, O. V.; AGUIAR, O. T. Identificação de terpenos no óleo essencial dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessedes) O. Berg – Myrtaceae. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 15-22, 2006.

VERDAN, M. H.; SANTOS, M. S. M.; CASTRO, T. L. A.; CARDOSO, C. A. L. Production and characterization of craft beers with addition of *Campomanesia adamantium* O. Berg fruits and leave. **Orbital: The Eltronic Journal of Chemistry**, v. 14, n. 1, p. 53-57, 2022.

VISCARDI, D. Z.; ARRIGO, J. D. S.; CORREIA, C. A. C.; KASSUYA, C. A. L.; CARDOSO, C. A. L.; MALDONADE, I. R.; ARGANDOÑA, E. J. S. Seed and peel essential oils obtained from *Campomanesia adamantium* fruit inhibit inflammatory and pain parameters in rodents. **PLoS One**, v. 12, n. 2, p.1-15, 2017.





## Capítulo 8

### Potencial biológico do marmelo do cerrado

Thiago Luis Aguayo de Castro<sup>1</sup>; Maria do Carmo Vieira<sup>2</sup>; Claudia Andrea Lima Cardoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Estudos em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados-MS, Brasil. E-mail: thiagoaguayo@gmail.com; claudia@uemms.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil. E-mail: marivieira@ufgd.edu.br

#### 1. Introdução

O gênero *Alibertia* A.Rich. ex DC. faz parte da família Rubiaceae e apresenta grande potencial econômico. Dentre as espécies desse gênero, está a *Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich. ex DC. (marmelo do cerrado, Figura 1), uma árvore de pequeno porte que produz frutos comestíveis e apresenta uso na medicina tradicional (Sangalli et al., 2002). No Brasil, pode ser encontrada no Acre, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rondônia, São Paulo e Tocantins (Marimon e Lima, 2001; Barbosa e Zappi, 2015). Tem grande importância nos ecossistemas dos biomas de cerrado e cerradão, na região central do País (Neri et al., 2012).



**Figura 1:** Folhas, flor feminina e frutos verdes e maduro de *Alibertia edulis*.  
Fonte: Arquivo pessoal dos Autores (2022)

Também pode ser encontrada em outros países americanos, onde é conhecida como largartillo, madroño, madroño de comer, trompo, wild guava, trompito (Woodson et al., 1980), trompillo (Monge e Vega, 2005) goyave noire, guaiabo, perita, perija (Cavalcante, 1996), pitajoní hembra (González-Menéndez, 2019), small cerrado quince (Dantas et al., 2019), guayaba del monte, huitillo, madrofio de corner, membrillo, perita, pitajoni, sulsul, torillo, trompo, wikpak e yayuba (Gupta et al., 2011).

Conhecida tradicionalmente como pequeno marmeleiro do cerrado, goiaba preta, marmelo do cerrado, marmelada de bezerro, marmelada bola, marmelada de cachorro, marmelão, marmelada nativa, marmelada de bezerro, apuruí, puruí, puruzinho e puruí-pequeno (Brochini et al., 1994; Cavalcante, 1996; Lorenzi et al., 2006; Silva e Fonseca, 2016; Dantas et al., 2020; Gentil e Silva, 2021).

Os frutos da *A. edulis* apresentam casca dura e sua frutificação ocorre entre agosto e dezembro; também ocorre uma safra menor entre março e maio (Silva et al., 1994). A produção de frutos pode começar a partir do terceiro ano de

idade da planta (Campos Filho, 2009). Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou de forma processada em licores, geleias e doces (Lorenzi et al., 2006). As sementes podem ser torradas e utilizadas como substituto para o café e os frutos e folhas podem ser utilizados na alimentação de bovinos (Almeida et al., 1998; Felfili et al., 2000).

A *A. edulis* vem apresentando resultados promissores a respeito de suas atividades biológicas, comprovando-se o uso na medicina tradicional. No Peru, o extrato aquoso da casca é utilizado para estimular a produção de leite materno (Gupta et al., 2011). Há relatos do uso desta espécie para o tratamento da diabetes (Reider, 2013; Gaia e Gomes, 2017), do chá das folhas para o tratamento de disenteria e problemas hepáticos (Alves et al., 2008). Também foram constatadas atividades hipoglicêmicas, anti-hipertensivas e antitumorais (Menegati et al., 2015; Tolouei et al., 2020). Na Bolívia, são utilizados os chás dos frutos e folhas para tratar problemas digestivos (Zambrana et al., 2017). No Panamá, as cascas do caule são utilizadas como antissépticas urinárias, antidiarreicas e cicatrizantes (Svetaz et al., 2010; Gupta et al., 2011). Já, na Nicarágua, utilizam-se as folhas e cascas dos caules para evitar dores pós-parto, parar sangramento menstrual e o consumo da decocção por via oral ocorre como adstringente (Coe, 2008).

Sangalli et al. (2002) citam o uso do chá das folhas de *A. edulis* para auxiliar na circulação sanguínea, assim como em banhos externos. O uso de banhos com adição das folhas, bem como uso de compressa, também é relatado por Almeida et al. (1998) e Di Stasi e Hiruma-Lima (2002) para o tratamento de afecções. O banho com as folhas também é utilizado para redução de hérnias, conforme relata Mors (2000). Ferroato e Coelho (1996) também relataram o uso do chá dos frutos imaturos como anti-inflamatórios. Guarim Neto (1987) cita o uso das folhas como calmante e Vieira et al. (1996) relatam o uso dos frutos e raízes para o tratamento de pneumonia.

*A. edulis* é utilizada no reflorestamento, sendo uma fonte

de alimento para animais (Lorenzi et al., 2006). É relatado que os indígenas plantam a espécie para atrair pássaros (Posey, 1985). Rezende-Silva et al. (2019) analisaram o efeito de glifosato na *A. edulis*, verificando que a espécie apresenta potencial para biossensor para esse herbicida

## 2. Composição química

Os extratos provenientes de *A. edulis* apresentam compostos fenólicos e iridoides (Brochini et al., 1994; Silva et al. 2008a, Silva et al., 2008b; Silva et al., 2010; Santana et al., 2016; Gentil e Silva, 2021). A folha apresenta alcalóides (Silva et al. 2008a; Coe et al., 2010), taninos, saponinas, terpenos, flavonoides e esteroides (Silva et al., 2010). A amostra obtida por decocção das folhas apresenta maiores teores de flavonoides em relação à infusão das folhas (Santana et al., 2016). Os compostos fenólicos também foram relatados para o extrato hidroetanólico dos frutos (Gentil e Silva, 2021). No estudo de Brochini et al. (1994), foram identificados  $\beta$ -amirina,  $\alpha$ -amirina, uvaol, eritrodiol, éstere metílico de ácido oleanólico, éster metílico de ácido ursólico, éster metílico de ácido 23-hidrooxiursólico, éster metílico de ácido 23-hidroxioleanólico e ácido  $3\beta$ ,  $19\alpha$ , 23, 24-tetrahidroxi-12-oleanen-28-óico

Silva et al. (2008b) identificaram o shanzhisideo metil éster, ixosídeo, 3,4,5- trimetoxifenil 1-O- $\beta$ -D-apiofuranosil-(1 $\rightarrow$ 6)-O- $\beta$ -D-glucopiranosídeo, iridoide éster metílico de 6 $\beta$ -hidroxi-7-epigardosídeo e a saponina pomolato de 3 $\beta$ -O-[ $\alpha$ -L-rhamnopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)-O- $\beta$ -D-glucopiranosil]-28-O- $\beta$ -D-glucopiranosídeo no extrato etanólico de *A. edulis*.

A decocção das folhas de *A. edulis* apresenta ácido caféico, quercetina 3-rhamnosil-(1 $\rightarrow$ 6)-galactosídeo, ixosídeo (Aquino et al., 2017). Prestes et al. (2017) identificaram ácido caféico. Silva et al. (2007) também identificaram a presença de ixosídeo na fração n-butanólica do extrato etanólico do caule de *A. edulis*, assim como os iridóides 6-hidroxi-7-epigardosideo

metil éster e shanzhisideo metil éster e o derivado fenólico 3,4,5-trimetoxifenil- $\beta$ -apiofuranosil-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -glucopiranosídeo.

### **3. Atividades biológicas e toxicidade**

O decocto das folhas de *A. edulis* apresentou efeito hipoglicemiante em camundongos suíços fêmeas e machos normolipídicos (Aquino et al., 2020). Neste mesmo estudo, foi observado que o extrato induz uma proteção substancial contra estresse oxidativo e hemólise. Este resultado reforça o uso tradicional da planta como hipoglicemiante, contudo, ainda são necessários estudos clínicos.

Lescano et al. (2021) também avaliaram o efeito antiplaquetário do decocto das folhas de *A. edulis* e identificaram que esse efeito está associado à presença de rutina e ácido cafeico. Com base nos resultados, os autores sugerem, a partir de modelagem molecular, que a rutina pode atuar através do sítio catalítico da COX-1.

A decocção das folhas foi estudada por Aquino et al. (2017), que administraram diferentes doses de extrato aquoso para ratos wistar machos com hipertensão renovascular e verificaram grande atividade diurética e significativo efeito anti-hipertensivo. Santana et al. (2016) e Aquino et al. (2017) relataram atividade antioxidante in vitro frente ao radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila para a infusão e decocção das folhas de *A. edulis*.

O extrato etanólico do caule apresenta efeito antimicrobiano forte contra leveduras das espécies *Candida albicans*, *Candida krusei* e *Cryptococcus neoformans* e que os compostos éster metílico de 6 $\beta$ -hidroxi-7-epigardosídeo e o pomolato de 3 $\beta$ -O-[ $\alpha$ -L-rhamnopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)-O- $\beta$ -D-glucopiranosil]-28-O- $\beta$ -D-glucopiranosídeo apresentam inibição moderada contra as duas espécies de *Candida* (Silva et al., 2008b). No estudo de Marques et al. (2013), foi identificado

que os extratos etanólicos das folhas e ramos apresentam uma concentração inibitória de  $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$  para os fungos *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida krusei*.

O extrato etanólico da *A. edulis* reduziu a sobrevivência dos ovos de *Plutella xylostella* (Silva et al., 2020). Peres et al. (2017) analisaram o efeito do extrato aquoso das folhas de *A. edulis*, onde se verificou que houve uma redução do período larval e taxa de fecundação *P. xylostella*.

No estudo de Menegati et al. (2016) não se observaram alterações bioquímicas, de peso dos órgãos, hematológicos e histopatológicos de ratos, com uso de concentrações inferiores a  $2000 \text{mg kg}^{-1}$  do extrato aquoso das folhas de *A. edulis*. O autores concluíram que todas doses testadas (125, 250, 500, 1000 e  $2000 \text{mg/kg}$ ) foram seguras para uso em ratos, mas com necessidade de testes clínicos em humanos. Na pesquisa de Aquino et al. (2020) empregando a decoção das folhas, não se observaram sinais de toxicidade em concentrações inferiores a  $2000 \text{mg kg}^{-1}$ . Ainda, estudando a decoção, Tolouei et al. (2020) observaram que não houve citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade em concentrações inferiores a  $1000 \text{mg kg}^{-1}$ . A toxicidade do decocto das folhas de *A. edulis* foi avaliada em peixes e não reduziu a taxa de sobrevivência das larvas em concentrações inferiores a  $700 \mu\text{g mL}^{-1}$  (Lescano et al., 2021). O extrato metanólico do caule de *A. edulis* mostrou atividade na intercalação do DNA, assim como inibição no tumor de disco e ausência de citotoxicidade no ensaio clonogênico (Gupta et al., 1996). A citotoxicidade do extrato aquoso de *A. edulis* em *Artemia salina* foi analisada por Coe et al. (2010), onde se constatou que a concentração letal foi de  $1741 \mu\text{g mL}^{-1}$ .

#### **4. Considerações finais**

*Alibertia edulis* apresenta diversos usos tradicionais e os estudos que avaliam suas atividades biológicas e toxicidade

mostram resultados promissores relativos ao seu potencial medicinal e também para a geração de produtos. Além disso, esse levantamento evidencia que há um número reduzido de artigos publicados com a espécie indicando a necessidade de mais estudos com essa planta para garantir a segurança de seu consumo. Também há ausência de patentes com a espécie no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Neste sentido, são necessários mais estudos com essa planta. Destacamos a importância de investigar o potencial alimentício dos frutos.



## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 264 p.

ALVES, E. O.; MOTA, J. H.; SOARES, T. S.; VIEIRA, M. C.; SILVA, C. B. Levantamento etnobotânico e caracterização de plantas medicinais em fragmentos florestais de Dourados-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 651-658, 2008.

AQUINO, D. F. S.; TIRLONI, C. A. S.; MENEGATI, S. E. L. T.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SIMONET, A. M.; MACÍAS, F. A.; GASPAROTTO JUNIOR, A. *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich – A potent diuretic arising from Brazilian indigenous species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 196, p. 193-200, 2017.

AQUINO, D. F. S.; MONTEIRO, T. A.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SOUZA, K. P.; AMAYA-FARFAN, J.; CARVALHO, G. C. B. C.; MOURA, C. S.; MORATO, P. N. Investigation of the antioxidant and hypoglycemic properties of *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich. leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 253, e112648, 2020.

BARBOSA, M. R.; ZAPPI, D. *Alibertia*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20682>. Acessado em: 26 de nov 2021.

BROCHINI, C. B.; MARTINS, D.; ROQUE, N. F.; BOLZANI, V. S. An oleanane acid from *Alibertia edulis*. **Phytochemistry**, v. 36, n. 5, p. 1293-1295, 1994.

CAMPOS FILHO, E. M. **Plante as árvores do Xingu e Araguaia.** Guia de Identificação (ISA). v. 2, São Paulo, 2009. 304 p.

CAVALCANTE, P. **Frutas comestíveis da Amazônia.** Belém: CNPq/Museu Paraense Emilio Goeldi, 1996. 279 p.

COE, F. G. Rama midwifery in eastern Nicaragua. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 117, n. 1, p. 136-157, 2008.

COE, F. G.; PARIKH, D. M.; JOHNSON, C. A. Alkaloid presence and brine shrimp (*Artemia salina*) bioassay of medicinal species of eastern Nicaragua. **Pharmaceutical Biology**, v. 48, n. 4, p. 439-445, 2010.

DANTAS, L.G.; ALENCAR, L.; HUETTEL, B.; PEDROSA-HARAND, A. Development of ten microsatellite markers for *Alibertia edulis* (Rubiaceae), a Brazilian savanna tree species. **Molecular Biology Reports**, v. 46, p. 4593-4597, 2020.

DELPRETE, P. G.; PERSSON, C. *Alibertia*. In: STEYERMARK, J. S.; BERRY, P. E.; HOLST, B. K. (Org.) **Flora of the Venezuelan Guayana**. v. 8, USA: Missouri Botanical Garden Press, 2004.

DI STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora UNESP, 2002. 592 p.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de Matas de Galeria**. Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2000. 45 p.

FERROATO, A.; COELHO, M. **Germinação e viabilidade de sementes de marmelada-bota (*Alibertia edulis* Rich), espécie medicinal de Mato Grosso.** In. Simpósio de Plantas

Medicinais do Brasil, 14, Florianópolis, 1996. Resumos...Florianópolis: SBPM, p. 4 (resumo B-008).

GAIA, S. D. C.; GOMES, E. A. **Levantamento etnobotânico de frutas comercializadas no município de Tefé – AM**. 2017. 15 p. TCC. (Licenciatura em Biologia). Universidade do Estado do Amazonas-AM.

GENTIL, E. P.; SILVA, O. C. Estudo sobre o impacto do processo de secagem nas características finais do fruto puruí (*Alibertia edulis*) desidratado. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 43695-43703, 2021.

GONZÁLEZ-MENÉNDEZ, M.; ALONSO-TORRENS, Y.; URRUTIA-HERNÁNDEZ, I.; MIÑOSO, Y.; SANTANA, I.; LUIS-SAUÁREZ, J.; GONZÁLEZ-TORRES, C. M. Estructura y composición de encinares naturales en las Alturas de Pizarras del municipio de Viñales, Pinar del Río, Cuba. **Madera y Bosques**, v. 25, n. 2, e2521667, 2019.

GUARIM NETO, G. **Plantas utilizadas na medicina popular no estado de Mato Grosso**. Brasília: CNPq, 1987. 58 p.

GUPTA, M. P.; MONGE, A.; KARIKAS, G. A.; CERAIN, A. L.; SOLIS, P. N.; LEON, E. Screening of panamanian medicinal plants for brine shrimp toxicity, crown gall tumor inhibition, cytotoxicity and DNA intercalation International. **Journal of Pharmacognosy**, v. 34, n. 1, p. 19-27, 1996.

GUPTA, M. P.; SANTANA, A. I.; ESPINOSA, A. **Plantas Medicinales de Panamá**. Panamá: Organization of American States, 2011. 490 p.

LESCANO, C. H.; LIMA, F. F.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; MÓNICA, F. Z. *et al.* Rutin present in *Alibertia edulis* extract acts on human platelet aggregation through inhibition of cyclooxygenase/thromboxane. **Food & Function**, v. 12, e802, 2021.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2006. 640 p.

MARIMON, B. S.; LIMA, E. S. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no pantanal dos rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 213-229, 2001.

MARQUES, M. C. S.; HAMERSKI, L.; GARCEZ, F. R.; TIEPPO, C.; VASCONCELOS, M. *et al.* *In vitro* biological screening and evaluation of free radical scavenging activities of medicinal plants from the Brazilian Cerrado. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 7, n. 15, p. 957-962, 2013.

MENEGATI, S. E. L. T.; AQUINO, D. F. S.; ALFREDO, T. M.; CARDOSO, C. A. L.; OESTERREICH, S. A. *et al.* Avaliação da toxicidade aguda do extrato aquoso das folhas de *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich. In: 17th Workshop de Plantas Medicinais do Mato Grosso do Sul e Empório da Agricultura Familiar. **Resumos...Proceedings of the 17th Workshop de Plantas Medicinais do Mato Grosso do Sul e 7th Empório da Agricultura Familiar**, 2015.

MENEGATI, S. E. L. T.; LIMA, F. F.; TRAESEL, G. K.; SOUZA, R. I. C.; SANTOS, A. C.; AQUINO, D. F. S.; OLIVEIRA, V. S.; VIEIRA, S. C. H.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, M. C.; OESTERREICH, S. A. Acute and subacute toxicity of the aqueous extract of *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC. in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 194, p. 1096-1102, 2016.

MONGE, R. Q.; VEGA, J. F. Actualización de listado de especies arbóreas de uso forestal y otros usos en Costa Rica listado por nombres científicos. **Kurú. Revista Florestal**, v. 2, n. 4, 1-44p. 2005.

MORS, W. B.; RIZZINI, C. T.; PEREIRA, N. A. **Medicinal plants of Brazil**. Rio de Janeiro: Botanical Garden, 2000. 501 p.

NERI, A. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L.; FERREIRA-JUNIOR, W. G.; MEIRA-NETO, J. A. A. The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of brazilian cerrado vegetation. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 67, n. 1, p. 1-27, 2012

PERES, L.S.L.; SOBREIRO, A.I.; COUTO, I.F.S.; SILVA, R.M.; PEREIRA, F.F.; HEREDIA-VIEIRA, S.C.; CARDOSO, C.A.L.; MAUAD, M.; SCALON, S.P.Q.; VERZA, S.S.; MUZZURY, R.M. Chemical Compounds and Bioactivity of Aqueous Extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n.4, e125, 2017.

POSEY, D. A. Indigenous management of tropical forest ecosystems: The case of the Kayapó indians of the brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 139-158, 1985.

REIDER, A. Plants used for diabetes in the transition zone of Platinum and Amazon Hydrographic Basins, southwest portion of Mato Grosso, Brazil. **Planta Médica**, v. 79, n. 13, PF8, 2013.

REZENDE-SILVA, S. L.; COSTA, A. C.; DYSZY, F. H.; BATISTA, P. F.; CRISPIM-FILHO, A. J.; NASCIMENTO, K. J. T.; SILVA, A. A. *Pouteria torta* is a remarkable native plant for biomonitoring the glyphosate effects on Cerrado vegetation. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 497-506, 2019.

SANGALLI, A.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA, N. A. Z. Levantamento e caracterização de plantas nativas com propriedades medicinais em fragmentos florestais e de Cerrado de Dourados - MS, numa visão etnobotânica. **Acta Horticulture**, v. 569, p. 173-184, 2002.

SANTANA, L. F.; AQUINO, D. F. S.; ALFREDO, T. M.; FARENELLI, B. C. F.; CARDOSO, C. A. L.; OESTERREICH, S.A.; VIEIRA, M.C. Avaliação da atividade antioxidante do extrato aquoso das folhas de *Alibertia edulis* (L. C. Rich.) A. C. Rich. **Perspectivas Experimentais e Clínicas, Inovações Biomédicas e Educação em Saúde**, v. 2, n. 2, supl. 2: Jornada de Nutrição 2016, 2016.

SILVA, V. C.; BOLZANI, V. S.; LOPES, M. N. **Iridóides e um derivado fenólico glicosilado isolados dos caules de *Alibertia edulis***. In: 30a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2007.

SILVA, C.A.A.; FONSECA, G.G. Brazilian savannah fruits: characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1225-1232, 2016.

SILVA, C. J.; SOUSA, K. N. S.; IKEDA-CASTRILLON, S. K.; LOPES, C. R. A. S.; NUNES, J. R. S.; CARNIELLO, M. A.; MARIOTTI, P. R.; LAZARO, W. L. ; MORINI, A.; ZAGO, B. W. ; FAÇANHA, C. L.; ALBERNAZ-SILVEIRA, R. ; LOUREIRO, E. ; VIANA, I. G. ; OLIVEIRA, R. F. ; CRUZ, W. J. A. ; ARRUDA, J. C. ; SANDER, N. L. ; FREITAS JUNIOR, D. S. ; PINTO, V. R. ; LIMA, A. C.; JONGMAN, R. H. G. Biodiversity and its drivers and pressures of change in the wetlands of the Upper Paraguay–Guaporé Ecotone, Mato Grosso (Brazil). **Land Use Policy**, v. 47, p. 163-178, 2015.

SILVA, F. A. B.; PEREIRA, L. R.; SILVEIRA, C. E. S. Micropropagation of *Alibertia edulis* Rich. Brazilian **Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 6, p. 1103-1114, 2008a.

SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. S. **+100 árvores do Cerrado – Matas de Galeria**: guia de campo. Brasília, Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2009. 25 p.

SILVA, S. E.; SOUZA, A. G. C.; CANTO, A. C. **Avaliação do desempenho do puruí (*Alibertia edulis* L. (Rich) A. Rich) na região de Manaus, AM**. Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1994. 3 p.

SILVA, N.L.A.; MIRANDA, F.A.A.; CONCEIÇÃO, G.M. Triagem Fitoquímica de Plantas de Cerrado, da Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. **Scientia Plena**, v. 6, n. 2, e025402, 2010.

SILVA, R. M.; SANTOS, L. P.; SILVA, G. B.; MIRANDA, L. O.; FIORATTI, C. A. G. SCALON, S. P. Q.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M.. *Alibertia spp.* (Rubiaceae) Extracts Interfere with the Development and Reproduction of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 4, p. 351-360, 2020.

SILVA, V. C.; GIANNINI, M. J. S. M.; CARBONE, V.; PIACENTE, S.; PIZZA, C.; BOLZANI, V. S.; NASSER, M. New Antifungal Terpenoid Glycosides from *Alibertia edulis* (Rubiaceae). **Helvetica Chimica Acta**, v. 91, n. 7, p. 1355-1362, 2008b.

SVETAZ, L.; ZULJAN, F.; DERITA, M.; PETENATTI, E.; TAMAYO, G.; CÁCERES, A.; CECHINEL FILHO, V.; GIMÉNEZ, A.; PINZÓN, R.; ZACCHINO, S.; GUPTA, M. P. Value of the etnnomedical information for the discovery of plants with antifungal properties. A survey among seven Latin American countries. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127, p. 137-158, 2010.

TOLOUEI, S. E. M.; TRAESEL, G. K.; LIMA, F. F.; ARAÚJO, F. H. S.; LESCANO, C. H.; CARDOSO, C. A. L.; OESTERREICH, S. A.;

VIEIRA, M. C. Cytotoxic, genotoxic and mutagenic evaluation of *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC: an indigenous species from Brazil. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 4, n. 2, p. 200-207, 2020.

VIEIRA, R. F.; MARTINS, M. V. M. Estudos etnobotanicos de espécies medicinais de uso popular no Cerrado. In: International Savana Symposium, 1996. Brasília. **Resumo...** Brasília: Embrapa/CPAC, 1996.

WOODSON, R. E.; SCHERY JÚNIOR, R. W.; DWYER, J. Flora of Panama. Part IX. Family 179. Rubiaceae--Part 1. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 67, n. 1, p. 1-256, 1980.

ZAMBRANA, N. Y. P.; BUSSMANN, R. W.; HART, R. E.; HUANCA, A. L. M.; SORIA, G. O.; VACA, M. O.; ÁLVAREZ, D. O.; MORÁN, J. S.; MORÁN, M. S.; CHÁVEZ, S.; MORENO, B. C.; MORENO, G. C.; ROCA, O.; SIRIPI, E. Traditional knowledge hiding in plain sight – twenty-first century ethnobotany of the Chácobo in Beni, Bolívia. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 15, e57, 2017.



## Capítulo 9

### **Extração e caracterização química do óleo essencial e extratos dos frutos e folhas de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi)**

Anelise Samara Nazari Formagio<sup>1</sup>; Janaine Alberto Marangoni<sup>2</sup>; Marcia Espíndola da Silva<sup>2</sup>; Jane Manfron<sup>3</sup>

1 Faculdade de Ciências da Saúde e Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, MS, Brasil; aneliseformagio@gmail.com.

2 Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, MS, Brasil; janaine\_dec4@hotmail.com; marciaesenf@gmail.com.

3 Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, PR, Brasil; jane@uepg.br

#### **1. Introdução geral**

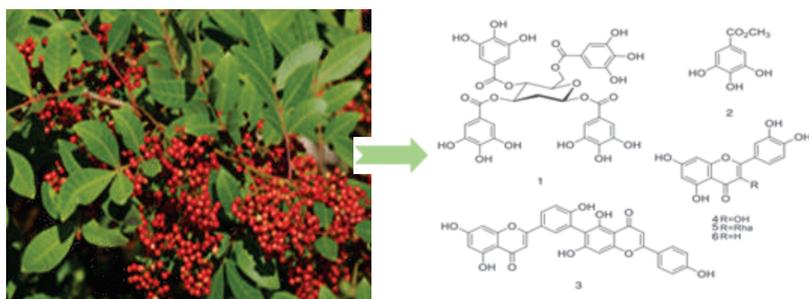
*Schinus terebinthifolia* Raddi. (pimenta rosa, Anacardiaceae) é uma árvore perene amplamente distribuída no território brasileiro, ocorrendo principalmente na Mata Atlântica (Corrêa, 1974; Tlili et al., 2018). É essencial em reflorestamento heterogêneo usado para restauração de áreas degradadas de preservação permanente (Ceruks et al., 2007).

Na medicina tradicional tem sido usada para tratamento de inflamações uterinas (Amorim e Santos, 2003), na cicatrização de feridas e úlceras (Bacchi, 1986) e como antimicrobiana (Rocha et al., 2019). A importância da *S. terebinthifolia* promoveu a inclusão desta planta na Farmacopeia Brasileira (Brandão et al., 2006). No entanto, apenas as cascas do caule estão incluídas.

## 2. Constituintes fenólicos do extrato metanólico obtido das folhas de *Schinus terebinthifolia* (Silva et al., 2017)

### 2.1 Introdução

Estudos químicos reportam que folhas e cascas são ricas em taninos, flavonoides e óleo essencial; saponinas restritas as cascas; e ácidos, óleo essencial e triterpenóides destacam-se nas frutas (Ribas et al., 2006). As folhas e frutos avermelhados são ricos em óleo essencial (1,5–10%) destacando altas concentrações de monoterpenos juntamente com sesquiterpenos (Carvalho et al., 2017; Dannenberg et al., 2019; Gomes et al, 2013; Marangoni et al., 2023; Stahl e Blinn, 1983)



**Figura 1.** Folhas de *Schinus terebinthifolia* e constituintes fenólicos do extrato metanólico obtido das folhas (Silva et al., 2017).

Estudos realizados com as folhas da *S. terebinthifolius* em diferentes estados do Brasil (Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e São Paulo) mostraram que o óleo essencial apresentou como componentes majoritários  $\alpha$ -pineno (31,59% - 5,7%), germacreno D (23,8% - 2,65%), biciclogermacreno (15,0% - 2,09%), limoneno (6,62%–14,21%),  $\beta$ -pineno (8,99% - 1,22%),  $\beta$ -felandreno (6,59% - 0,21%), espatulenol (3,01% - 0,19%),  $\delta$ -3-careno (2,69% - 0,18%) e  $\beta$ -mirceno (1,69% - 0,86%) (Santos et al., 2009; Pawlowski et al., 2012; Pinto et al. ., 2016; Santana et al., 2012; Uliana et al., 2016; Ennigrou et al., 2017). Estudos

com o extrato alcoólico relata o isolamento do schinol e do ácido masticadienóico, que inibem seletivamente a fosfolipase A2 (Jain et al., 1995).

*Schinus terebinthifolia* é comumente confundida com outras espécies de *Schinus*, bem como com espécies de outros gêneros da família. Os nomes populares “aroeira” e pimenta rosa são aplicados a diferentes espécies de *Astronium* e *Lithraea*, criando mais confusão na identificação das espécies (Queiroz et al., 2002).

## **2.2 Material e Métodos**

Folhas de *S. terebinthifolia* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais (22°11'43,7" S, 54°56'08,5" W e 430 m), da Universidade Federal da Grande Dourados, em novembro de 2014. A espécie foi identificada pela professora Maria do Carmo Vieira e uma exsicata, depositada no Herbário da UFGD sob o número DDMS 4600. A autorização para acesso e estudo de amostras do patrimônio genético brasileiro foi obtida junto ao governo brasileiro (Cadastro de acesso SISGEN N° A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018).

### **2.2.1 Procedimentos de extração, fracionamento e identificação dos compostos**

As folhas (860 g) foram secas e extraídas por meio de maceração com metanol, posteriormente, filtradas, concentradas sob pressão reduzida e liofilizadas, resultando no extrato metanólico (EMST) (42,7 g). O EMST (30 g) foi particionado com n-hexano, clorofórmio e acetato de etila, resultando nas frações hexânica (FH), clorofórmica (FC), acetato de etila (FAE) e hidrometanólica (FHM). Parte da FC (1,8 g) foi submetida à cromatografia em coluna (CC) de sílica gel, eluída com n-hexano/clorofórmio em gradiente de polaridade, obtendo-se o sitosterol-3-O- $\beta$ -glicopiranosídeo (64 mg).

O fracionamento da FAE (6,2 g) por CC em sílica gel foi realizado usando uma mistura de hexano/acetato de etila/metanol em gradiente de polaridade gerando os compostos **1** (25,4 mg), **2** (19,4 mg) e **3** (12,2 mg). A FHM (13 g) foi purificada por sucessivas CC em Sephadex LH-20 usando H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O/metanol (MeOH) 7:3–3:7 e MeOH como eluentes, resultando nos compostos **4** (22,8 mg), **5** (17,8 mg) e **6** (26 mg). Os espectros <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C de RMN foram realizados usando Varian Mercury Plus BB operando a 300 MHz e 75,5 MHz, respectivamente, usando CD<sub>3</sub>OD como solvente e Tetrametilsilano (TMS) como padrão interno.

### **2.2.2 Análise de HPLC**

O extrato (EMST) e padrões foram analisados utilizando o sistema analítico de cromatografia líquida (CL) (Varian 210), contendo solvente ternário equipado com um amostrador automático, além de um detector de arranjo de fotodiodos (PDA) monitorado em λ200-800nm. A coluna da CL era C-18 (25 cm × 4,6 mm; tamanho de partícula, 5 μm; Luna, Phenomenex, Torrance, CA, EUA), com uma pequena pré-coluna (2,5 cm × 3 mm) contendo o mesmo material de enchimento, usados para proteger a coluna analítica. Para cada análise, a vazão e o volume injetado foram fixados em 1,0 mL/min e 20 μL, respectivamente. Todas as análises cromatográficas foram realizadas a 22 °C. A eluição foi realizada com ácido acético (6%) e acetato de sódio (2 mM) (solvente A) e acetonitrila (solvente B). O gradiente de solvente foi realizado da seguinte forma: 0 min, 5% B; 45 min, 15%; 55 min, 50% B, 60 min; 65 min, 100% B e em 70 min voltando ao inicial (Fedel-Miyasato et al., 2014).

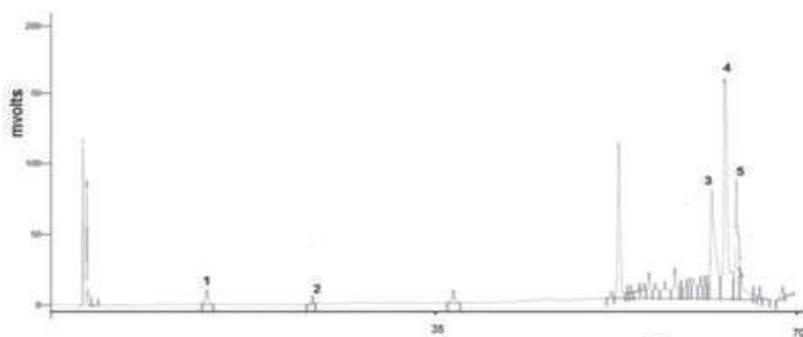
### **2.2.3 Linearidade**

A estimativa do teor dos padrões foi realizada por

calibração externa. Aliquotas de 20 µL das diluições foram analisadas via CL, e cada determinação foi realizada cinco vezes. Para o padrão, obteve-se o cromatograma correspondente e construiu-se um gráfico a partir da média das áreas do cromatograma plotadas *versus* os padrões em concentração de 1-50 µg/mL. Regressão linear de mínimos quadrados foi realizada para as áreas dos picos em função das concentrações para determinar os coeficientes de correlação. Os parâmetros da equação (inclinação e intercepto) da curva padrão foram utilizados para obter os valores de concentração das amostras (Fedel-Miyasato et al., 2014).

### 2.3 Resultados

Os dados de CL foram desenvolvidos para identificar os constituintes das folhas da *S. terebinthifolia* a partir de espécimes coletados no Mato Grosso do Sul, Brasil (Figura 2).



**Figura 2.** Cromatograma (CL-DAD) do extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia*.

A identificação dos compostos foi realizada com detector PDA de varredura na faixa espectral de 200-800 nm, não revelando interferências no tempo de retenção das amostras em CL, pelo método de eluição desenvolvido. Os padrões foram facilmente identificados e quantificados com base em seus espectros de absorção na região do UV e pelo tempo de retenção.

Os padrões encontrados nos extratos foram identificados de forma inequívoca por experimentos de co-injeção em que alíquotas dos extratos e padrões foram misturados e diluídos a um volume conhecido e analisados por CL. As curvas de calibração foram determinadas por regressão linear usando CL.

A linearidade dos padrões foi avaliada para sete faixas de concentração. Os erros padrão médios para as áreas de pico de injeções (n = 5) foram inferiores a 1,5%, mostrando assim boa repetibilidade da curva de calibração. Os respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram 0,9994 para ácido cafeico e ácido p-cumárico e  $r^2 = 0,9996$  para luteolina, quercetina e apigenina.

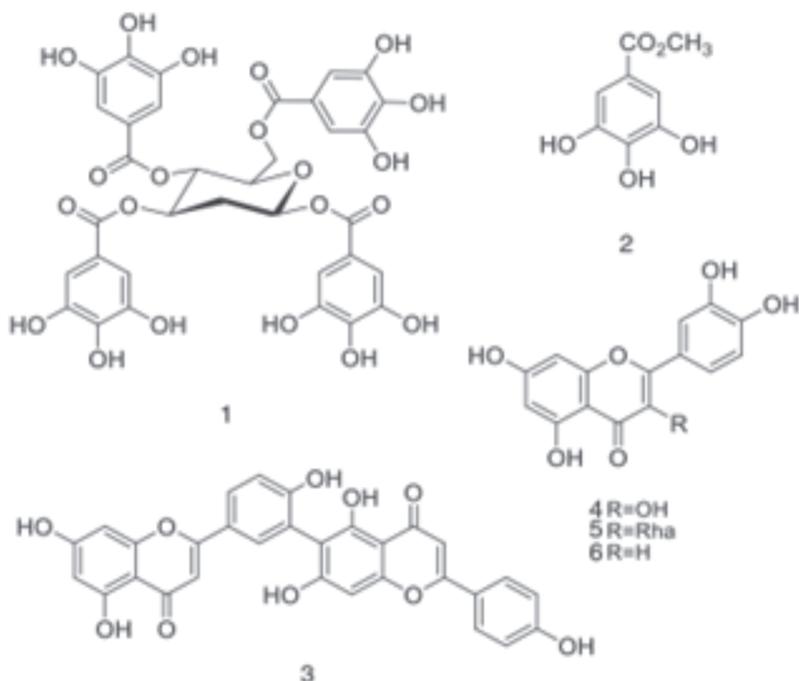
O tempo de retenção dos padrões e conteúdos nas amostras são mostrados na Tabela 1.

Os dados de CL com EMST incluem ácido cafeico (Rt = 14,78 min), ácido p-cumárico (Rt = 25,82 min), luteolina (Rt = 62,08 min), quercetina (Rt = 64,62 min) e de apigenina (Rt = 66,79 min) (Tabela1) (Fedel-Miyasato et al., 2014).

**Tabela 1:** Tempo de retenção de padrões e conteúdo em  $\mu\text{g/g}$  do extrato metanólico das folhas *S. terebinthifolia* (EMST) por *Cromatografia líquida* (CL)

Pico	Padrão	Tempo de retenção (min)	Conteúdo em ( $\mu\text{g/g}$ )
1	Ácido cafeico	14,78	206
2	$\rho$ -ácido cumarínico	25,82	167
3	Quercitina	62,08	378
4	Luteolina	64,62	527
5	Apiginina	66,99	403

Sete compostos previamente conhecidos (Figura 3), incluindo um esteróide, sitosterol-3-O- $\beta$ -glucopiranosídeo; dois derivados do ácido gálico, 1,2,3,4,6-penta-O-galoil- $\beta$ -glucopiranosídeo (1) e galato de metilo (2); e os quatro seguintes flavonoides: robustaflavona (3), quercetina (4), quercetrina (5) e luteolina (6) foram isolados de *S. terebinthifolia*.



**Figura 3.** Compostos identificados do EMST: (1) 1,2,3,4,6-penta-O-galoil- $\beta$ -glucopiranosídeo; (2) galato de metila; (3) robustaflavona; (4) quercetina; (5) quercetrina; (6) luteolina.

As estruturas dos compostos foram elucidadas usando dados espectrais de RMN 1D e 2D e uma comparação dos dados relatados de RMN 1H e 13C (Agrawal, 1989; Ceruks et al., 2007; Carvalher-Machado et al., 2008). Os derivados de quercetina da unidade de açúcar e hidrogênio e a posição de sua ligação com a aglicona foram determinados usando combinação de experimentos de RMN 2D. De acordo com resultados na literatura, este trabalho é o terceiro estudo fitoquímico de folhas de *S. terebinthifolia*, e o primeiro relato de luteolina a partir de extrato metanólico, conduzido durante o estudo de dados de HPLC anterior. O fracionamento desses extratos por partição com solvente e purificação por coluna cromatográfica forneceu seis compostos fenólicos.

## 2.4 Conclusão

O extrato metanólico das folhas *S. terebinthifolia* (EMST) obtido de folhas coletadas em Dourados-MS revelou a presença de constituintes fenólicos, com o isolamento de seis substâncias, e o primeiro relato de luteolina apresentado no EMST.

## 3. Variação geográfica na composição química do óleo essencial, micromorfologia e histoquímica de *Schinus terebinthifolia* Raddi (Marangoni et al., 2023)

### 3.1 Material e Métodos

Folhas e caules de *S. terebinthifolia* foram coletadas (Cadastro de acesso SISGEN Nº A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018) em seis estados brasileiros no bioma Mata Atlântica, durante a fase de frutificação (junho de 2019) (Figura 4). Um exemplar foi depositado no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) (DDMS 4600).



**Figura 4.** Estados, cidades e altitudes dos locais de coleta de *S. terebinthifolia*. Bahia (BA, Itaparica 24 m, 12°55'20"S; 38°39'17"W), Espírito Santo (ES, São Mateus 36 m, 18°42'58"S; 39°51'21"W), Paraná (PR, Maringá 551 m, 23°25'38"S; 51°56'15"W), Rio Grande do Sul (RS, Santa Maria 139 m; 29°4'29"S; 53°49'3"W), Mato Grosso do Sul (MS, Dourados 430 m, 22°11'41"S; 54°55'53"W) e São Paulo (SP, Olímpia 518 m, 20°44'15"S; 48°54'56"W).

### **3.1.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de raios-X por energia dispersiva (EED) e testes histoquímicos**

As folhas e caules coletadas foram submetidas à análise utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura por emissão de campo (MEV) e espectroscopia de raios-X de energia dispersiva (EDS), como detalhados por Brito et al. (2021).

Para os testes histoquímicos, cortes à mão livre das folhas e caules foram obtidos a partir do sexto nó e seccionados transversalmente (de Almeida et al., 2021) e então submetidos a diferentes reagentes: (a) Sudão III para teste de compostos lipofílico (Pearse, 1972); (b) cloreto férrico (Johansen, 1940) e dicromato de potássio (Gabe, 1968) para revelar compostos fenólicos; (c) vanilina/ácido clorídrico para taninos (Mace e Howell, 1974) e (d) floroglucinol/HCl para evidenciar vestígios de lignina (Sass, 1951). Seções não tratadas foram usadas como controle. As lâminas foram analisadas em campo claro e as fotomicrografias foram obtidas usando um Olympus CX31 acoplado a uma unidade de controle C7070.

### **3.1.2 Extração e análise do óleo essencial**

Os óleos essenciais de *S. terebinthifolia* das diferentes coletas foram obtidos folhas frescas e caules 400 g, separadamente, por hidrodestilação (aparelho de Clevenger, por 4 h). As amostras apresentaram odor característico; foram secas sobre sulfato de sódio anidro e, após filtração, armazenados em frascos de vidro a baixa temperatura (- 4 °C) até o momento da utilização.

Os constituintes dos óleos foram caracterizados por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) (GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Japão). Uma coluna DB-5 (comprimento de 30 m, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm) foi utilizada, com hélio

(99,999% de pureza) como gás de arraste, usando vazão de 1,0 mL/min e volume de injeção de 1 µL (no modo split, 1:10). A temperatura inicial do forno foi de 50 °C, com aquecimento a 280 °C a 3 °C/min. A temperatura do injetor foi de 220 °C e a temperatura da linha de transferência e do detector quadrupolo, de 280 °C. Os parâmetros de varredura MS incluíram tensão de ionização por impacto de elétrons definida em 70 V, faixa de massa abrangendo 50 a 600 Da e intervalo de varredura de 0,3 s. O índice de retenção foi calculado usando C 8 –C 40 (uma mistura de alcanos lineares) como referência externa. A identificação foi feita comparando os espectros de massa com as bibliotecas NIST21 e WILEY229, bem como com dados relatados na literatura (Adams, 2007).

### **3.1.3 Análise estatística**

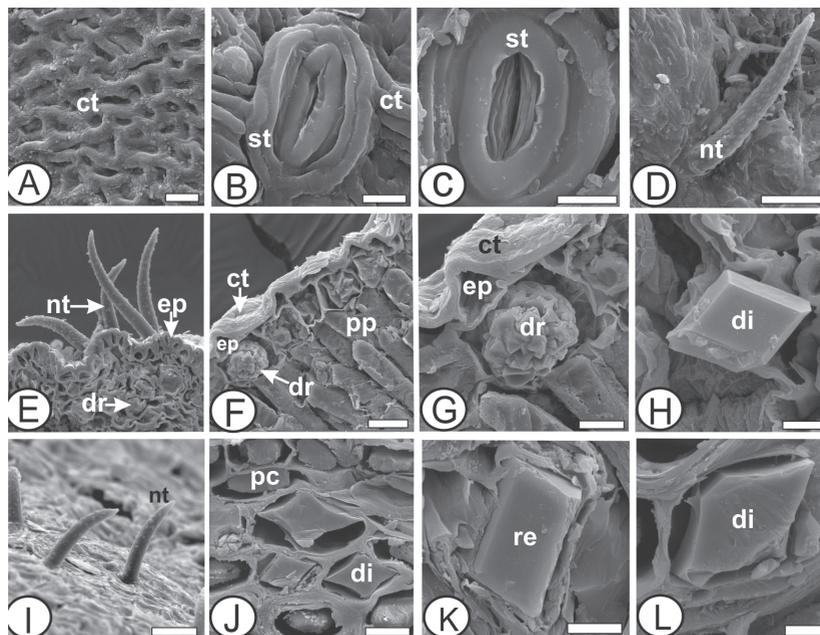
Foi utilizado o teste de correlação de Pearson (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA), com mapa de calor e gráfico de cluster produzidos no Past3<sup>®</sup> para determinar a relação entre as classes de compostos dos óleos essenciais e a altitude dos locais de amostragem.

## **3.2 Resultados e discussão**

### **3.2.1 Análise por MEV e EED**

As folhas da planta de *Schinus terebinthifolia* apresentaram na superfície cutícula estriada (Figuras 5A e B) e fina (Figuras 5E, F, G). Ambas as faces da epiderme com estômatos (Figuras 5B e C), caracterizando a folha como anfiestomática. Tricomas simples não glandulares evidenciaram cutícula estriada (Figuras 5D e E) em ambos os lados das folhas. Considerando os marcadores botânicos, a presença de tricomas em *Schinus* é rara, mas tricomas não glandulares foram encontrados em *S. polygama* (Cav.) Cabrera, *S. latifolia* (Gillies ex Lindl.) Engl, *S. lentiscifolia* Marchand, *S. molle* e *S. weinmanniifolia* Mart. ex Eng. Tricomas glandulares

também estão presentes em *S. molle*, *S. venturii* F.A. Barkley e *S. weinmanniifolia* (Martínez-Millán e Cevallos-Ferriz, 2005; Machado et al., 2019). A presença de tricomas não glandulares em *S. terebinthifolia* nos caules foi mencionado pela primeira vez neste estudo.



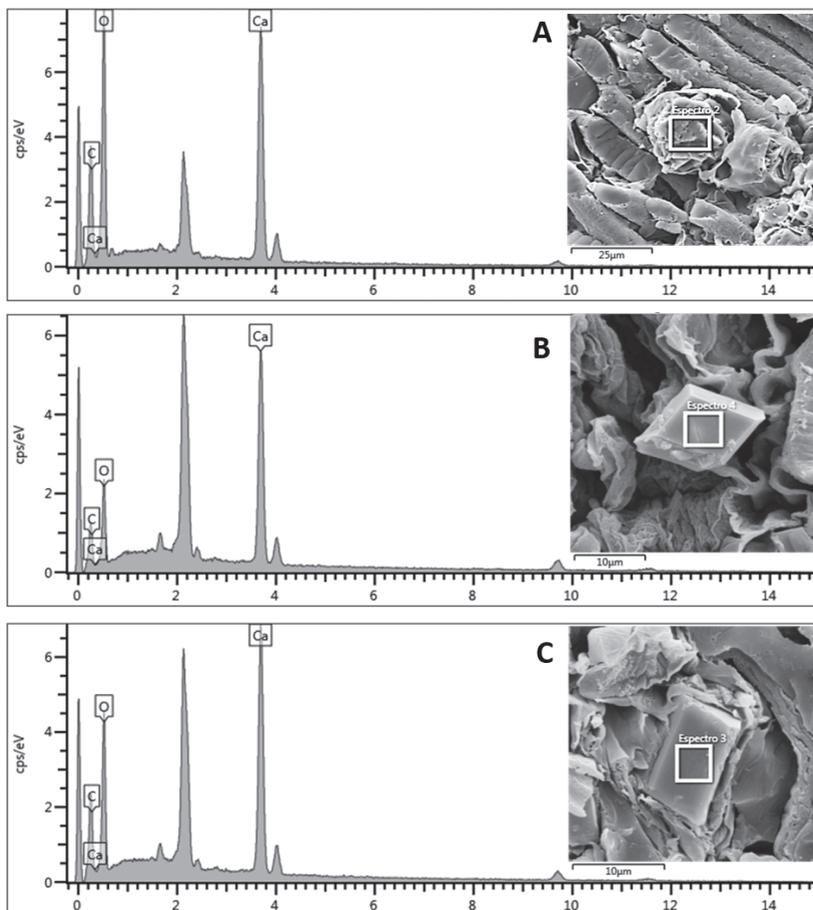
**Figura 5.** Microscopia eletrônica de varredura das folhas de *Schinus terebinthifolia*. A-H; Hastes I-L; Visão frontal E-H, J-L; Corte transversal I. Vista lateral. [ct: cutícula, di: cristal de diamante, dr: drusa, ep: epiderme, nt: tricoma não glandular, pc: composto fenólico, pp: parênquima paliçádico, re: cristal prismático retangular, st: estômatos]. Barras de escala = 50  $\mu\text{m}$  (E, G), 20  $\mu\text{m}$  (A, F, I), 10  $\mu\text{m}$  (J) e 5  $\mu\text{m}$  (B, C, D, H, K, L). Fonte: Marangoni et al. (2023).

A epiderme é unicamada e uma camada subepidérmica estava presente (Figuras 5E, F, G). Nesta camada, foi encontrada uma drusa por célula (Figuras 5F e G). O mesofilo caracterizado como isobilateral apresentou cristais prismáticos, retangulares e diamantados (Figuras 5H). Os mesmos tricomas (Figuras 5D, E, I) e cristais (Figuras 5J-L) também estavam presentes na nervura central, pecíolo e hastes. Ductos secretores, localizados

na nervura central e no pecíolo, foram relatados para várias folhas de *Schinus*. No presente estudo, também foram encontrados ductos secretores no córtex e região perimedular da medula nos caules. Machado et. al. (2019) afirmaram que ductos secretores foram observados apenas no córtex de caules em *S. molle*.

A presença de cristais em plantas é frequente e pode ser formada em qualquer órgão ou tecido (Gribner et al., 2022; Formagio et al., 2022; Manfron et al., 2022; Raeski et al., 2023). Nas espécies de *Schinus*, várias drusas, aglomerados de agregação platy e cristais prismáticos em diferentes formas, como hexagonal e diamante, são encontrados nas folhas e caules (Delbón et al., 2010; Dias et al., 2013; Pires et al., 2015; Gois et al., 2016; Machado et al., 2019). Cluster de agregação platy e cristais prismáticos hexagonais não foram encontrados no presente estudo, mas ainda assim o conjunto de cristais encontrados podem auxiliar na identificação da espécie.

Os espectros das microanálises qualitativas de raios X dos cristais mostraram picos proeminentes para carbono (18,2, 10,9 e 14,8%), oxigênio (58,1, 48,7 e 54%) e cálcio (23,7, 40,4 e 31,2%) para drusas (Figura 6A), diamante (6B) e cristais prismáticos retangulares (Figura 6C), respectivamente. Essas composições sugeriram que esses cristais eram compostos de oxalato de cálcio. Os principais picos não marcados representam o elemento ouro usado no revestimento das amostras.

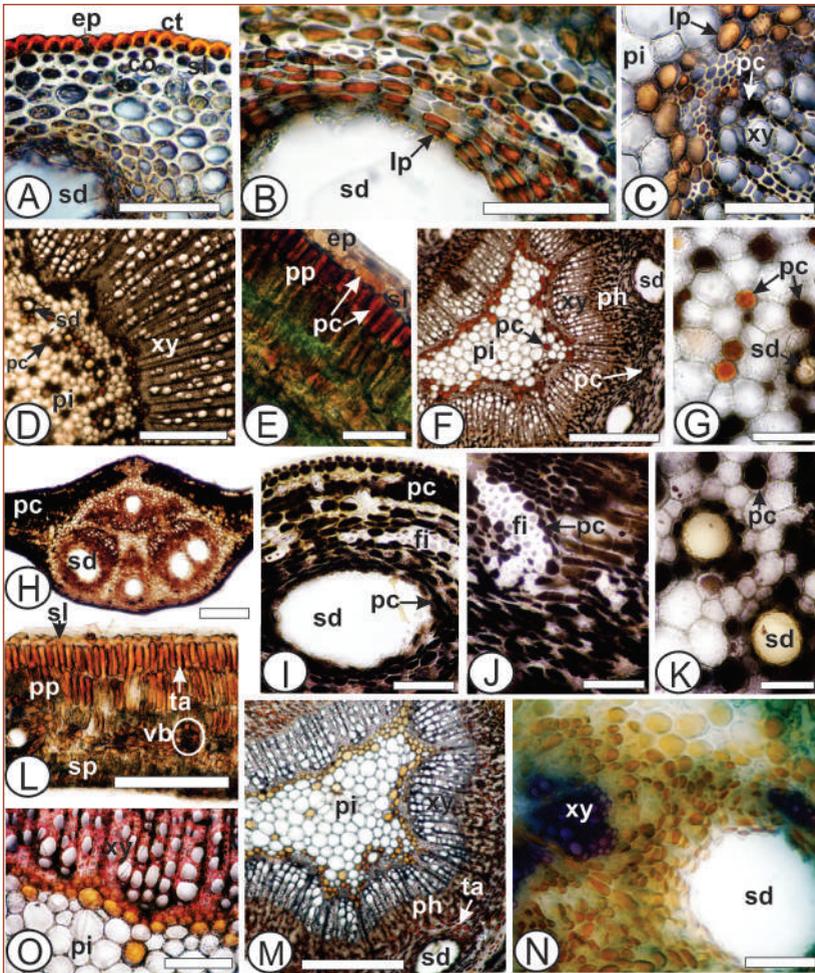


**Figura 6.** Espectro EDS de drusa (A), cristal prismático de diamante (B) e cristal prismático retangular (C) de *S. terebinthifolia*. Fonte: Marangoni et al. (2023)

### 3.2.2 Testes histoquímicos

Compostos lipofílicos reagiram positivamente com Sudan III e foram encontrados na cutícula (Figura 7A), dentro dos ductos secretores (óleo essencial), nas células ao redor dos ductos secretores (Figura 7B) de folhas e caules, e nas células perimedulares (Figura 7C) e dentro dos ductos secretores

(Figura 7D) na medula do caule.



**Figura 7.** Histoquímica de folhas e caules de *S. terebinthifolia* em corte transversal - microscopia de luz. Nervura central (A, G, H, N), lâmina (E, L), pecíolo (B, F, I, M), caule (C, D, J, K, O). Seções de folhas tratadas com Sudan III (A–D), dicromato de potássio (E–G), cloreto férrico (H–K), solução de vanilina (L, M) floroglucinol/HCl (N, O). [co, colênquima; ct, cutícula; ep, epiderme; fi, fibra; lp, composto lipofílico; pc, compostos fenólicos; ph, floema; pi, medula; pp, parênquima paliçádico; sd, ducto secretor; sl, camada subepidérmica; sp, parênquima esponjoso; ta, taninos condensados; vb, feixe vascular; xy, xilema. Barra de escala: 500 µm (H), 300 µm (D, F, L, M), 50 µm (AC, E, G, I–K, N, O). Fonte: Marangoni et al. (2023)

As análises histoquímicas em plantas detectam a presença, distribuição e densidade de acúmulo de componentes químicos ou grupos de metabólitos secundários em células e tecidos específicos. Compostos lipofílicos, lignificados e fenólicos foram encontrados nas folhas e caules de *S. terebinthifolia*. Essas classes de metabólitos também foram encontradas em *S. molle* (Machado et. al., 2019). Compostos fenólicos detectados por cloreto férrico e dicromato de potássio foram localizados nas células do parênquima epidérmico, subepidérmico e paliçádico das folhas (Figura 7E), no parênquima esponjoso, na região perimedular do pecíolo (Figura 7F) e na região perimedular das células na medula do tronco (Figura 7G). Fenólicos também foram encontrados na nervura central (Figura 7H), espalhados no pecíolo (epiderme, camada subepidérmica, parênquima fundamental) (Figura 7I); no córtex (Figura 7J); e medula (Figura 7K) do caule. Taninos condensados reagiram com ácido clorídrico da vanilina e foram observadas no mesofilo, principalmente no parênquima paliçádico das folhas (Figura 7L) e nas células do parênquima esponjoso do pecíolo (Figura 7M). Os elementos lignificados foram evidenciados pelo uso de floroglucinol/HCl e encontrados no xilema das folhas (Figura 7N) e caules (Figura 7O).

### **3.2.3 Composição química**

Os rendimentos dos óleos essenciais variaram de 0,40% a 0,86%: OEST-BA (0,86%), OEST-SP (0,83%), OEST-MS (0,80%), OEST-PR (0,78%), OEST-RS (0,70%) e OEST-ES (0,40%). O número de compostos identificados em cada óleo essencial variou da seguinte forma: OEST-BA, OEST-RS e OEST-MS apresentaram 20 compostos; OEST-ES e OEST-PR, 21 compostos; e OEST-SP, 16 compostos (Tabela 2). O óleo essencial de *S. terebinthifolia* é composto principalmente por monoterpenos (28,76%-47,73%), e sesquiterpenos (31,43%-41,76%). Monoterpenos oxigenados (14,31%-19,57%) e

sesquiterpenos oxigenados (4,87%–14,38%) foram identificados em porcentagens menores (Tabela 3).

O  $\alpha$ -pineno (11,66%–19,45%) e limoneno (8,52%–22,34%) foram os constituintes predominantes das amostras de óleo de cinco estados (Tabela 2), destacando-se em quatro delas: OEST-BA ( $\alpha$ -pineno 22,34%; limoneno 16,22%), OEST-PR ( $\alpha$ -pineno 11,43%; limoneno 14,01%), OEST-RS ( $\alpha$ -pineno 13,42%; limoneno 19,45%), e OEST-MS ( $\alpha$ -pineno 14,90%; limoneno 12,99%). Os principais compostos no OEST-ES foram limoneno (17,01%) e  $\beta$ -pineno (14,63%). OEST-SP, por sua vez, apresentaram  $\alpha$ -felandreno (20,13%) e limoneno (11,66%) como componentes dominantes (Tabela 2).

Outros constituintes, como sabineno (6,08%–9,01%),  $\alpha$ -copaeno (6,34%–10,15%),  $\alpha$ -funebreno (2,05%–3,33%) e germacreno D (3,24%–8,21%) foram encontrados nas amostras de óleo essencial de cinco estados, com exceção de OEST-SP (Tabela 2), contendo apenas  $\alpha$ -felandreno (20,13%), E-cariofileno (6,78%), e elemol (14,30%).

A análise de correlação foi realizada calculando-se o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson. As correlações para monoterpenos ( $r = 0,7701$ ) e para sesquiterpenos oxigenados ( $r = -0,8360$ ) são correlações fortes, o que revela a influência da altitude na presença de tais componentes (Tabela 3).

**Tabela 2.** Composição química do óleo essencial obtido das partes aéreas de *S. terbinthifolia* dos seis estados brasileiros.

Classe	Compostos	Índice de retenção		Concentração (%)								
		Determinado	Literatura	OEST-BA	OEST-ES	OEST-PR	OEST-RS	OEST-MS	OEST-SP			
<b>Monoterpeno</b>	<i>z</i> -salvено	856	847	-	-	-	1,96	-	4,34	8,70	-	
	<i>α</i> -pineno	939	932	22,34	9,76	-	11,43	-	13,42	14,90	8,52	
	<i>α</i> -fencheno	953	945	3,85	4,08	-	4,32	-	4,23	4,95	0,2	
	Sabineno	976	969	6,08	7,45	-	9,01	-	7,89	8,89	-	
	<i>β</i> -pineno	979	974	9,56	14,63	-	8,63	-	8,52	6,60	0,26	
	Mirceno	987	988	-	-	-	-	-	2,84	-	2,84	
	<i>α</i> -felandreno	1001	1002	-	-	-	-	-	-	-	20,13	
	<i>p</i> -cimeno	1019	1020	-	-	-	-	-	-	-	3,48	
	Limoneno	1029	1024	16,22	17,01	-	14,01	-	19,45	12,99	11,66	
	( <i>Z</i> )- <i>β</i> -ocimeno	1037	1032	1,44	1,42	-	1,42	-	3,37	1,34	-	
<i>γ</i> -terpineno	1060	1054	-	1,69	-	2,55	-	1,61	1,73	0,2		
				<b>28,76</b>	<b>32,62</b>	<b>37,71</b>	<b>37,71</b>	<b>38,17</b>	<b>38,96</b>	<b>47,73</b>		
<b>Monoterpeno oxigenado</b>	1,8-cineol	1031	1026	1,87	2,29	-	1,87	-	1,91	2,15	-	
	Terpinen-4-ol	1177	1174	1,22	1,64	-	1,38	-	2,52	1,51	-	
	Neo-iso-verbanol	1190	1187	-	2,22	-	2,54	-	2,71	2,71	-	
	<i>z</i> -patchenol	1319	1316	3,02	3,30	-	2,21	-	3,27	3,46	-	
	Evadone	1340	1337	1,34	-	-	1,04	-	-	-	-	
				<b>19,17</b>	<b>19,57</b>	<b>17,96</b>	<b>17,96</b>	<b>14,31</b>	<b>19,48</b>	<b>19,48</b>	<b>1,03</b>	
<b>Sesquiterpeno</b>	Longicideno	1374	1371	2,46	1,91	-	1,95	-	1,95	1,03	1,03	
	<i>α</i> -copaeno	1377	1374	6,34	7,85	-	9,03	-	9,09	10,15	-	
	<i>β</i> -elemeno	1386	1389	-	-	-	-	-	-	-	3,64	
	<i>α</i> -funebreno	1403	1402	2,57	2,05	-	3,05	-	2,19	3,33	-	
	<i>E</i> -cariofileno	1414	1417	-	-	-	-	-	-	-	6,78	
	Aronadendreno	1439	1439	1,63	4,03	-	1,63	-	1,58	2,78	-	
	<i>γ</i> -muuroleno	1475	1478	-	-	-	-	-	4,80	3,67	3,59	
	Germacreno D	1485	1484	-	8,82	-	6,86	-	-	-	3,09	
	Isodauceno	1499	1500	-	-	-	3,38	-	1,37	2,72	-	
	Bicyclodgermacreno	1500	1500	3,44	1,33	-	3,38	-	1,37	1,32	1,59	
	<i>δ</i> -cadineno	1514	1522	1,89	1,34	-	1,79	-	1,94	2,13	1,59	
				<b>33,55</b>	<b>32,62</b>	<b>31,43</b>	<b>31,43</b>	<b>33,40</b>	<b>34,09</b>	<b>41,76</b>	<b>14,3</b>	
	<b>Sesquiterpenos oxigenado</b>	Elemol	1552	1548	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espatuleno	1578	1577	2,78	3,03	-	2,98	-	2,97	3,14	-
		Davanone	1588	1587	-	-	-	1,17	-	-	-	-
Globulol		1585	1590	2,56	2,02	-	-	-	-	-	-	
Carotol		1595	1594	2,02	-	-	-	-	1,05	-	-	
Eremoligenol		1631	1629	-	1,65	-	-	-	-	-	-	
<b>Total identificado</b>			<b>95,7</b>	<b>97,87</b>	<b>8,98</b>	<b>94,29</b>	<b>95,44</b>	<b>95,44</b>	<b>97,4</b>	<b>5,96</b>		
<b>Outros</b>			<b>3,6</b>	<b>1,21</b>	<b>3,92</b>	<b>4,58</b>	<b>2,6</b>	<b>4,55</b>				

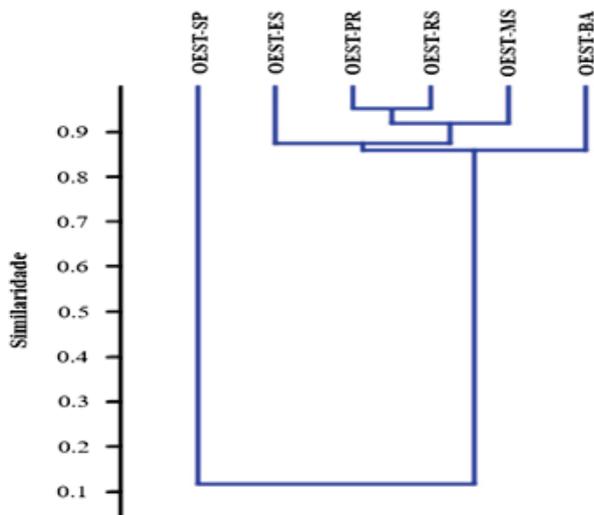
**Tabela 3.** Classes químicas do óleo essencial de *S. terbinthifolia* e suas correlações de Pearson com a altitude dos locais de amostragem das plantas.

**Tabela 3.** Classes químicas do óleo essencial de *S. terebinthifolia* e suas correlações de Pearson com a altitude dos locais de amostragem das plantas.

	OESt-BA	OESt-BS	OESt-PR	OESt-RS	OESt-MS	OESt-SP	Coefficiente de Correlação de Person	p value
<b>Altitude (MASL)</b>	24	36	551	139	430	518	1	0
<b>Hidrocarboneto monoterpeno</b>	28,76	32,62	37,71	38,17	38,96	47,73	0,7701	0,0732
<b>Monoterpeno oxigenado</b>	19,17	19,57	17,96	14,31	19,48	Nd	-0,5976	0,2104
<b>Hidrocarboneto sesquiterpeno</b>	33,55	32,62	31,43	33,40	34,09	41,76	0,3763	0,4622
<b>Sesquiterpeno oxigenado</b>	14,38	13,98	8,98	9,54	4,87	5,96	-0,8860	0,0381
<b>Outros</b>	3,6	1,21	3,92	4,58	2,6	4,55	0,5344	0,2747

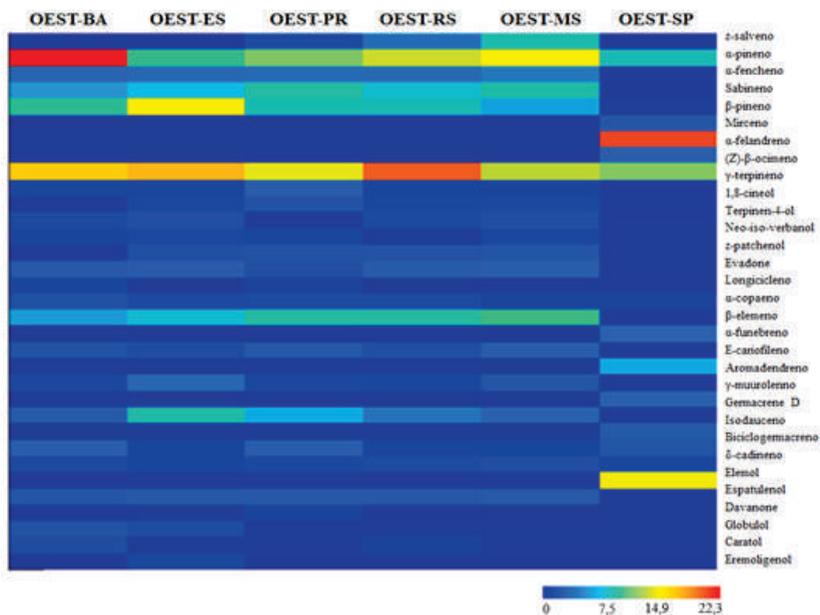
Para OESt-BA, OESt-ES, OESt-PR, OESt-RS, OESt-MS e OESt-SP. Seus MASL (m acima do nível do mar) diferem significativamente em  $P < 0,05$ .

Uma análise hierárquica de agrupamento mostrou predominância de limoneno no primeiro subgrupo (OEST-ES, OEST-PR e OEST-RS), e do  $\alpha$ -pineno no segundo subgrupo (OEST-BA e OEST-MS) (Figura 8).



**Figura 8.** Dendrograma obtido pela análise de agrupamento dos perfis de composição do óleo essencial de *S. terebinthifolia* dos seis estados brasileiros. Fonte: Marangoni et al. (2023).

Ao analisar o mapa de calor (Figura\_9) foi evidenciado a predominância do limoneno e o  $\alpha$ -pineno em todos os estados. O elemol (sesquiterpenos oxigenado) se destaca por ser um dos compostos mais abundantes em OEST-SP. Sabineno,  $\beta$ -pineno e  $\alpha$ -copaeno são evidenciados em OEST-BA, OEST-ES, OEST-PR, OEST-RS e OEST-MS (Figura 9)



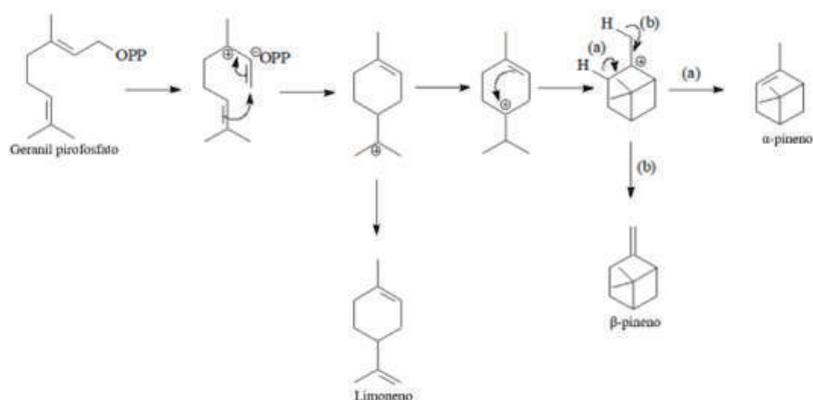
**Figura 9.** Mapa de calor para a composição total dos perfis de composição do óleo essencial de *S. terebinthifolia* dos seis estados brasileiros. Fonte: Marangoni et al. (2023).

Até o momento, este estudo apresenta de forma inédita que o óleo essencial é compartimentado em ductos secretores na nervura central (Figura 7A) e pecíolo (Figura 7B) das folhas, e ainda evidenciou a variação no rendimento, composição química e concentrações de compostos predominantes ( $\alpha$ -pineno, limoneno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -felandreno) das amostras de OEST coletadas em seis diferentes estados do Brasil.

Esta variação pode ser atribuída à variabilidade climática, variação de altitude e diferenças de estágio de crescimento da planta. Possíveis relações entre a altitude dos estados e as classes químicas relatadas no óleo essencial foram realizadas pelas correlações de Pearson (Tabela 3), que mostraram que os monoterpênicos não foram afetados pela altitude e que sesquiterpênicos foram altamente correlacionados com a altitude.

Um único grupo principal e dois subgrupos, ambos formados pela classe dos monoterpenos, ficaram evidentes ao aplicar uma análise hierárquica de agrupamento aos dados da Tabela 2 (Figura 9).

Na Figura 10 se descreve a possível rota biossintética dos principais monoterpenos ( $\alpha$ -pineno, limoneno,  $\beta$ -pineno) encontrados no óleo essencial de *S. terebinthifolia*, estes originados de rearranjos envolvendo as espécies cíclicas. A combinação de um isopentenil pirofosfato (IPP) com um dimetilalil pirofosfato (DMAPP), leva à formação de monoterpenos, formando um precursor intermediário altamente eletrofílico de todos os monoterpenos, o geranil pirofosfato.



**Figura 10.** Rota biossintética dos principais monoterpenos cíclicos encontrados no óleo essencial de *terebinthifolia*. Fonte: Marangoni et al. (2023).

Este resultado foi consistente com outros achados para o óleo essencial extraído das partes aéreas de *S. terebinthifolia* que tiveram rendimentos entre 0,10% e 0,74% (Lloyd et al., 1977; Formagio et al., 2011; Carvalho et al., 2013; Tabaldi et al., 2014; dos Santos Cavalcanti et al., 2015; Tabaldi et al., 2014)( El-Massrri et al., 2009; Santos et al., 2009; Pinto et al., 2016; Ennigrou et al., 2017). No entanto, outro trabalho demonstrou

que os óleos essenciais extraídos dos frutos de *S. terebinthifolia* tiveram rendimentos superiores, de 1,74% a 10%.

Comparamos esses resultados com outros estudos de óleos essenciais extraídos dos frutos de *S. terebinthifolia*, o que confirmou a presença de monoterpenos como constituintes majoritários, destacando-se limoneno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, germacreno D,  $\alpha$ -felandreno e  $\beta$ -felandreno (Richter et al., 2010; dos Santos Cavalcanti et al., 2015; Gois et al., 2016; ).

### 3.3 Conclusões

As composições qualitativa e quantitativa do óleo essencial de *S. terebinthifolia* coletada em seis estados do Brasil é caracterizada pela predominância de monoterpenos e sesquiterpenos. Notavelmente, seus principais constituintes são  $\alpha$ -pineno e limoneno para a maioria das amostras analisadas, exceto para OEST-SP que foi rico em  $\alpha$ -felandreno.

Também é apresentada uma explicação abrangente da micromorfologia e histoquímica da folha e do caule de *S. terebinthifolia*. Embora todas as características anatômicas de *S. terebinthifolia* devam ser avaliadas como um todo para caracterizar a espécie, características significativas para sua identificação consistem na presença de drusas em cada célula da camada subepidérmica nas folhas, diamante e cristais prismáticos retangulares em vários tecidos de folhas e caules, tricomas não glandulares na epiderme do caule, ductos secretores no córtex e região perimedular do caule.

As análises histoquímicas confirmaram a presença de compostos lipofílicos e lignificados, bem como compostos fenólicos nas folhas e caules. Novos estudos envolvendo análises anatômicas e filogenéticas de outras espécies de *Schinus* são essenciais para melhor compreensão da evolução e taxonomia do gênero.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry**, 4th ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL, USA, 2007. 804 p.

AGRAWAL, P. K. **Studies in organic chemistry carbon 13NMR of flavonoids**. Elsevier, Amsterdam, 1989. 564 p.

AMORIM, M. M. R.; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 25, n. 2, p. 95-102, 2003.

BACCHI, E. M. Anti-ulcer and cocatrization action of scne Brazilian plants. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 1, n. 1, p. 93-100, 1986.

BRANDÃO, M.; COSENZA, G.; MOREIRA, R.; MONTE-MOR, R. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n. 3, p. 408-420, 2006.

BRITO, P. S.; SABEDOTTI, C.; FLORES, T. B.; RAMAN, V.; BUSSADE, J. E.; FARAGO, P. V.; MANFRON, J. Light and scanning electron microscopy, energy dispersive X-ray spectroscopy, and histochemistry of *Eucalyptus tereticornis*. **Microscopy and Microanalysis**, 27, n. 5, p. 1295-1303, 2021.

CARVALHER-MACHADO, S.C.; ROSAS, E. C.; BRITO, F. A.; HERINGE, A. P.; OLIVEIRA, R. R.; KAPLAN, M. A. C.; FIGUEIREDO, M. R.; HENRIQUES, A. G. M. O. The anti-allergic activity of the acetate fration of *Schinus terebinthifolius* leaves in IgE induced mice paw edema and pleuresy. **International Immunopharmacology**. v. 8, n. 11, p. 1552-1560, 2008.

CARVALHO, J.; PINHEIRO, P.; MARQUES, C.; BASTOS, L.; BERNARDES, P. Composição química e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius*). –V SEQUFES V Semana da Engenharia Química da Universidade Federal do Espírito Santo. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 4, n. 1, p. 59-63, 2017.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n. 1, p. 158–169, 2013.

CEREKUS, M.; ROMOFF, P.; FÁVERO, O. A.; LAGO, J. H. G. Polar phenolic constituents from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 597-599, 2007.

CORRÊA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. **Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, Brasil**, v. 3, p. 125–126, 1974.

DANNENBERG, G.; FUNCK, G.; SILVA, W.; FIORENTINI, Â. Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. **Food Control**, v. 95, n. 9, p. 115-120, 2019.

DELBÓN, N.; CORTEZ, M.; CASTELLO, L.; RÍOS VILLAMIL, J.; RISSO, M.; DOTTORI, N.; COSA, M. Anatomía foliar y estrategias adaptativas en especies arbustivas de las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina. **Arnaldoa**, v. 17, p. 41–49, 2010.

DIAS, G. G.; FERREIRA, B. G.; MOREIRA, G. R. P.; ISAIAS, R. M. S. Developmental pathway from leaves to galls induced by a sap-feeding insect on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 1, p. 187–200, 2013.

DOS SANTOS CAVALCANTI, A.; ALVES, M. S.; SILVA, L. C. P.; PATROCÍNIO, D. S.; SANCHES, M. N.; CHAVES, D. S. A.; SOUZA, M. A. A. Volatiles composition and extraction kinetics from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* leaves and fruit. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 356–362, 2015.

EL-MASSRRY, K. F.; EL-GHORAB, A. H.; SHAABAN, H. A.; SHIBAMOTO, T. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 12, p. 5265–5270, 2009.

ENNIGROU, A.; CASABIANCA, H.; VULLIET, E.; HANCHI, B.; HOSNI, K. Assessing the fatty acid, essential oil composition, their radical scavenging and antibacterial activities of *Schinus terebinthifolius* Raddi leaves and twigs. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 1582-1590, 2018.

FEDEL-MIYASATO, L. E. S.; KASSUYA, C. A. L.; AUHAREK, S. A.; FORMAGIO, A. S. N.; CARDOSO, C. A. L.; MAURO, M. O.; CUNHA-LAURA., A. L.; MONREAL, A. C. D.; OLIVEIRA, R. J. Evaluation of anti-inflammatory, immunomodulatory, chemopreventive and wound healing potentials from *Schinus terebinthifolius* methanolic extract. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 24, n. 5, p. 565–575, 2014.

FORMAGIO, A. S. N.; IRIGUCHI, E. K. K.; ROVEDA, L. M.; VIEIRA, M. C.; CARDOSO, C. A. L.; ZARATE, N. A. H.; TABALDI, L. A.; KASSUYA, C. A. L. Chemical composition and anti-inflammatory activity of the essential oil of *Schinus terebinthifolius* raddi (anacardiaceae) fruits. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 30, n. 8, p. 1555-1559, 2011.

FORMAGIO, A. S. N.; VILEGAS, W.; FERREIRA VOLOBUFF, C. R.; LEITE KASSUYA, C. A.; PAES ALMEIDA, V.; MANFRON, J.; PEREIRA, Z. V.; PEREIRA CABRAL, M. R.; SARRAGIOTTO, M. H. *Palicourea tomentosa* (Aubl.) Borhidi: microscopy, chemical composition and the analgesic, anti-inflammatory and anti-acetylcholinesterase potential. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 291, p. 115050, 2022.

GABE, M. **Techniques Histologiques**. Paris, Masson e Cie, 1968. 1113 p.

GOIS, F. D.; CAIRO, P. L. G.; SOUZA CANTARELLI, V.; BOMFIM COSTA, L. C.; FONTANA, R.; ALLAMAN, I. B.; SBARDELLA, M.; CARVALHO JÚNIOR, F. M.; COSTA, L. B. Effect of Brazilian red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance, diarrhea and gut health of weanling pigs. **Livestock Science**, v. 183, p. 24–27, 2016.

GOMES, F. S.; PROCOPIO, T. F.; NAPOLEÃO, T. H.; COELHO, L. C. B. B.; PAIVA, P. M. G. Antimicrobial lectin from *Schinus terebinthifolius* leaf. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, p. 672-679, 2013.

GRIBNER, C.; RECH, K. S.; MOURA, P. F.; RUSCHEWEYH RIGONI, A. A.; GATTO, L. J.; VEIGA, A.; KERBER, V. A.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G.; DIAS, J. F. G. Characterization and identification of chemical constituents of *Ocotea paranaensis* Brotto, Baitello, Cervi, & E.P. Santos and their biological properties. **Natural Product Research**, v. 36, n. 9, p. 2379–2385, 2022.

JAIN, M. K.; YU, B. Z.; ROGERS, J. M.; SMITH, A. E.; BOGER, E. T.; OSTRANDER, R. L.; RHEINGOLD, A. L. Specific competitive inhibitor of secreted phospholipase A2 from berries of *Schinus terebinthifolius*. **Phytochemistry**, v. 39, n. 3, p. 537-547, 1995.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York, McGraw Hill, 1940. 523 p.

LLOYD, H. A.; JAOUNI, T. M.; EVANS, S. L.; MORTON, J. F. Terpenes of *Schinus terebinthifolius*. **Phytochemistry**, v. 16, p. 1301–1302, 1977.

MACE, M. E.; HOWELL, C. R. Histochemistry and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. **Canadian Journal of Botany**, v. 52, n. 11, p. 2423–2426, 1974.

MACHADO, C. D.; RAMAN, V.; REHMAN, J. U.; MAIA, B. H. L. N. S.; MENEGHETTI, E. K.; ALMEIDA, V. P.; SILVA, R. Z.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; BUDEL, J. M. *Schinus molle*: anatomy of leaves and stems, chemical composition and insecticidal activities of volatile oil against bed bug (*Cimex lectularius*). **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 29, n. 1, p. 1–10, 2019.

MADLENER, S., ILLMER, C., HORVATH, Z., SAIKO, P., LOSERT, A., HERBACEK, I., GRUSCH, M., ELFORD, H. L., KRUPITZA, G., BERNHAUS, A. O ácido gálico inibe a ribonucleotídeo redutase e as ciclooxigenases em células de leucemia promielocítica HL-60 humanas. **Carta de Câncer**, v. 245, p. 156-162, 2007.

MANFRON, J.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; RAMAN, V. Morpho-anatomical characteristics of species of *Baccharis*. In: **Baccharis, from evolutionary and ecological aspects to social uses and medicinal applications**. Springer, cap. 9, p. 217-237, 2022

MARANGONI, J.A.; PINTO, J. V. C.; KASSUYA, C. A. L.; JUNIOR, P. C. O.; SANTOS, S. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, R. M. M. E.; SILVA, M. E.; MACHADO, C. D.; MANFRON, J. J.

FORMAGIO, A. S. N. Geographical variation in the chemical composition, anti-inflammatory activity of the essential oil, micromorphology and histochemistry of *Schinus terebinthifolia* Raddi, **Journal of Ethnopharmacology**, v. 301, p. 115786, 2023.

MARTÍNEZ-MILLÁN, M.; CEVALLOS-FERRIZ, S. R. S. Arquitectura foliar de Anacar-diaceae. **Revista Mexicana Biodiversidad**, v. 76, n. 2, p. 137-190, 2005.

PAWLOWSKI, Â.; KALTCHUK-SANTOS, E.; ZINI, C.; CARAMÃO, E.; SOARES, G. Essential oils of *Schinus terebinthifolius* and *S. molle* (Anacardiaceae): Mitodepressive and aneugenic inducers in onion and lettuce root meristems. **South African Journal of Botany**, v. 80, p. 96-103, 2012.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry, theoretical and applied**. 23rd Edition, Churchill Livingstone, 1972.

PINTO, J. V. C.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; FORMAGIO, A. S. N.; CARDOSO, C. A. L.; CARNEVALI, T. O.; SOUZA, P. H. N. Effect of soil nitrogen and phosphorus on early development and essential oil composition of *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 19, n. 1, p. 247-257, 2016.

PIRES, M. F.; PEREIRA, M. P.; CASTRO, E. M.; BARBOSA, S.; PEREIRA, F. J. Micromorfometria foliar de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) em diferentes alturas na copa. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 17-25, 2015.

QUEIROZ, C. R. A. D. A.; MORAIS, S. A. L. D.; NASCIMENTO, E. A. D. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

RAESKI, P.; HEIDEN, G.; NOVATSKI, A.; RAMAN, V.; KHAN, I. A.; MANFRON, J. Calcium oxalate crystal macropattern and its usefulness in the taxonomy of *Baccharis* (Asteraceae). **Preprint**. 2023. DOI: 10.22541/au.167492196.63331819/v1

RIBAS M. O.; SOUSA, M. H.; SARTORETTO, J.; LANZONI, T. A.; NORONHA, L.; ACRA, L. A. Efeito da *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre o processo de reparo tecidual das lesões ulceradas induzidas na mucosa bucal do rato. **Revista Odonto Ciência**, v. 21, n. 53, p. 245-259, 2006.

RICHTER, R.; VON REUB, S. H., KÖNIG, W. A. Spirocyclopropane-type sesquiterpene hydrocarbons from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Phytochemistry**, v. 71, n. 11-12, p. 1371-1374, 2010.

ROCHA, P. S.; BOLETI, A. P. A.; VIEIRA, M. C.; CAROLLO, C. A.; DA SILVA, D. B.; ESTEVINHO, L. M.; SANTOS, E. L.; SOUZA, K. P. Microbiological quality, chemical profile as well as antioxidant and antidiabetic activities of *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 220, p.36-46, 2019.

SANTANA, J.; SARTORELLI, P.; GUADAGNIN, R.; MATSUO, A.; FIGUEIREDO, C.; SOARES, M.; SILVA, A.; LAGO, J. Essential oils from *Schinus terebinthifolius* leaves – chemical composition and in vitro cytotoxicity evaluation. **Pharmaceutical Biology**, v. 50, n. 10, p. 1248-1253, 2012.

SANTOS, A.; ROSSATO, M.; AGOSTINI, F.; SERAFINI, L.; SANTOS, P.; MOLON, R.; DELLACASSA, E.; MOYNA, P. Chemical Composition of the Essential Oils from Leaves and Fruits of *Schinus mole* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi from Southern Brazil. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 12, n. 1, p. 16-25, 2009.

SASS, J. E. **Botanical Microtechnique**, 2d ed. Iowa State College, 1951. 248p.

SILVA, M. M. DA; IRIGUCHI, E. K. K.; KASSUYA, C. A. L.; VIEIRA, M. C.; FOGLIO, M. A.; CARVALHO, J. E.; RUIZ, A. L. T. G.; SOUZA, K. P.; FORMAGIO, A. S. N. *Schinus terebinthifolius*: phenolic, constituents and *in vitro* antioxidante, antiproliferative and *in vivo* anti-inflammatory activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.27(4), p. 445-452, 2017.

STAHL, E.; KELLER, K.; BLINN, C. Cardanol, a skin irritant in pink pepper. **Planta Médica**, v. 48, n. 5, p. 5-9, 1983.

TABALDI, L. A.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; FORMAGIO, A. S. N.; PILECCO, M.; SILVA, L. R.; SANTOS, K. P. Influência da cama-de-frango e densidade de plantas na produção e composição química do óleo essencial de frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 16, supl. 1, p. 398-405, 2014.

TLILI, N.; YAHIA, Y.; FERIANI, A.; LABIDI, A.; GHAZOUANI, L.; NASRI, N.; SAADAOU, E.; KHALDI, A. *Schinus terebinthifolius* vs *Schinus molle*: A comparative study of the effect of species and location on the phytochemical content of fruits. **Industrial Crops and Products**, v.122, p.559-565, 2018.

ULIANA, M.; FRONZA, M.; SILVA, A.; VARGAS, T.; ANDRADE, T.; SCHERER, R. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 235-240, 2016.



## Capítulo 10

### **Fungos endofíticos e potenciais farmacológicos de *Schinus terebinthifolia* Raddi**

**Paola dos Santos da Rocha, Silvia Cristina Figueira Olinto,  
Edson Lucas dos Santos e Kely de Picoli Souza**

Grupo de Estudos em Biotecnologia e Bioprospeção Aplicados ao Metabolismo e Câncer (GEBBAM),

Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, Km 12,  
Dourados, MS 79804-970, Brasil.

paolasantosrocha@ufgd.edu.br; silviafigueira@ufgd.edu.br; edson.lucas@hotmail.com;  
kelypicoli@ufgd.edu.br

#### **Resumo**

*Schinus terebinthifolia* Raddi é uma espécie vegetal nativa do Cerrado, presente no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, cujos frutos são amplamente consumidos *in natura*. Esta planta tem sido descrita por apresentar uma diversidade de atividades biológicas, as quais estão relacionadas com seus compostos bioativos. A diversidade química desta planta provém de rotas metabólicas próprias, e, com destaque neste capítulo, também resulta de compostos químicos produzidos por fungos endofíticos. Devido aos seus potenciais farmacológicos, *S. terebinthifolia* é uma planta integrante da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde brasileiro (RENISUS). Algumas das atividades farmacológicas já descritas são antioxidante, antidiabética, antimicrobiana, anti-inflamatória e analgésica. Dados de toxicidade mostram que o uso de altas concentrações tornam *S. terebinthifolia* pró-oxidante e conseqüentemente tóxica. Produtos comerciais

elaborados à base de *S. terebinthifolia* já estão disponíveis, como creme vaginal e sabonete íntimo.

## **1. Introdução**

*Schinus terebinthifolia* Raddi (Figura 1) é uma planta medicinal popularmente utilizada para o tratamento de diversas doenças, como infecções urinárias, cutâneas e respiratórias. A diversidade de compostos químicos desta planta inclui um conjunto de substâncias conhecidas como metabólitos secundários. Estas substâncias são desigualmente produzidas entre os vegetais e têm funções em diversos processos ecológicos, tanto em relação a eventos bióticos como abióticos, sendo exemplos a defesa contra predadores e radiação UV, respectivamente. Eles são produzidos a partir de elementos que compõem o metabolismo primário do vegetal (aminoácidos, carboidratos, lipídeos, nucleotídeos e clorofila) e podem ser divididos em terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados. É interessante citar que os metabólitos secundários, ou seja, substâncias bioativas responsáveis pelos potenciais biológicos atribuídos ao vegetal, podem ser produzidos diretamente pela planta ou por fungos endofíticos.



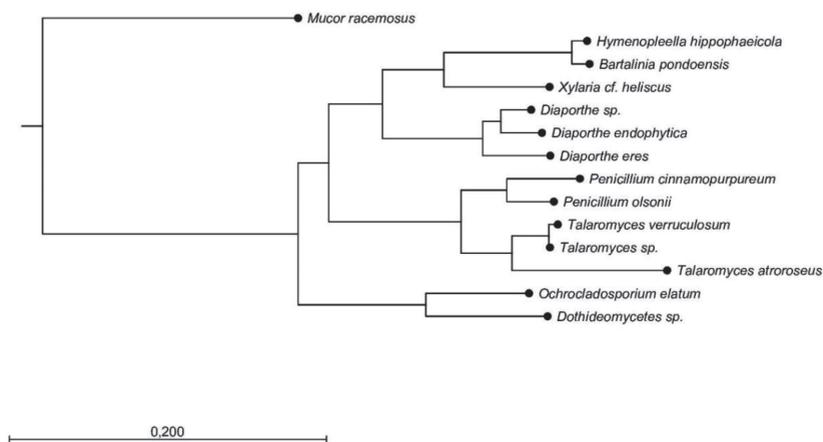
**Figura 1.** *S. terebinthifolia* Raddi (A) planta inteira, (B) folhas e flores (C) frutos. Fonte: autoria própria.

## 2. Diversidade de fungos endofíticos

Os fungos endofíticos são organismos que colonizam os tecidos vegetais e, em simbiose, utilizam os metabólitos primários produzidos pelas plantas. A partir destes, os fungos endofíticos auxiliam na proteção, manutenção e crescimento da planta hospedeira, a partir da produção de metabólitos secundários.

Desta maneira, os fungos endofíticos são uma fonte alternativa para a geração de novos fármacos de origem natural. Na *S. terebinthifolia*, tem-se observado o crescimento das cepas dos fungos endofíticos das ordens Mucorales, Xylariales, Diaporthales, Eurotiales e Pleosporales. As espécies de fungos encontradas nos frutos, cascas do caule e raiz de *S. terebinthifolia* foram agrupadas em uma árvore filogenética (Figura 2).

O processo para obtenção dos metabólitos dos fungos endofíticos incluem três fases: isolamento, extração e identificação dos compostos. Cada etapa é descrita a seguir.



**Figura 2.** Árvore filogenética de espécies de fungos endofíticos de *S. terebinthifolia*. Fonte: Rocha et al. (2020).

## 2.1 Isolamento dos fungos endofíticos

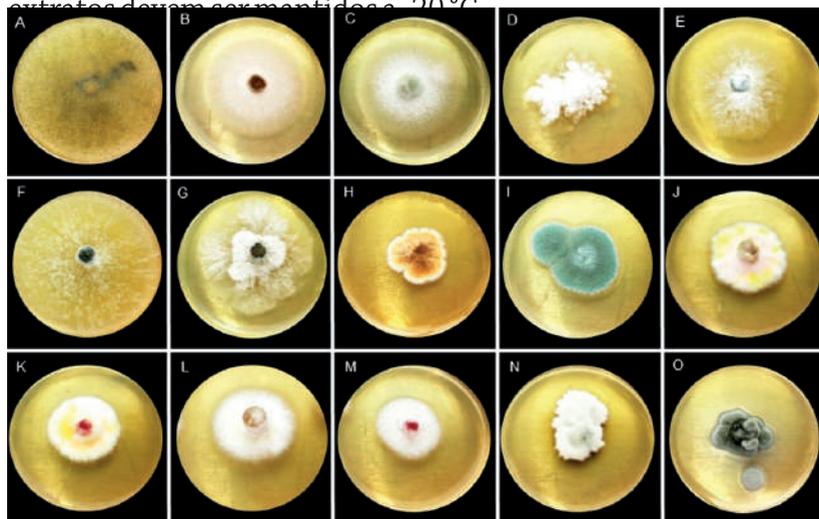
Os fungos endofíticos podem ser isolados a partir do pó vegetal. Para o isolamento, é necessário 1 g de material vegetal pulverizado e desinfetado. A desinfecção pode ser realizada utilizando, para esta quantidade de material vegetal, 5 mL de etanol 70% e 5 mL de hipoclorito de sódio 4%. O etanol deve ser mantido em contato com o material vegetal por 2 min, seguido de centrifugação para remoção do sobrenadante.

Em seguida, o hipoclorito deve ser mantido em contato com o material vegetal por 5 min, seguindo de centrifugação para remoção do sobrenadante. Ao final, o material vegetal deve ser lavado duas vezes com 5 mL de água destilada estéril e centrifugado para remoção do sobrenadante. A centrifugação deve ocorrer a 3000 rpm por 2 min.

Após o procedimento de desinfecção, o material pulverizado deve ser inoculado em placas de Petri contendo meio de cultura sólido extrato malte ágar (MEA) suplementado com ácido tartárico 10%. As placas devem ser incubadas a 25 °C até que se observe o crescimento de colônias, por aproximadamente 7 dias. As colônias formadas devem ser isoladas em novas placas até se obter uma cultura pura (Figura 3).

## 2.2 Extração dos constituintes químicos produzidos pelos fungos endofíticos

A extração dos constituintes químicos dos fungos endofíticos pode ser realizada pelo inóculo de micélio fúngico em MEA. Para a extração, três discos de micélio fúngico de aproximadamente 6 mm de cada cultura isolada devem ser inoculados em frascos de Erlenmeyer de 1000 mL contendo 300 mL de MEA. Após o crescimento fúngico, as culturas devem ser maceradas com 250 mL de acetato de etila a 25 °C por 24 h e, posteriormente, filtradas. O filtrado deve ser particionado em um funil de separação de 500 mL, com 200 mL de acetato de etila e 100 mL de água destilada. Ao final, o solvente deve ser removido por rotaevaporação a 40 °C. Para armazenamento, os extratos devem ser armazenados a 20 °C.



**Figura 3.** Cultura pura de fungos endofíticos isolados das folhas, cascas do caule e raízes de *S. terebinthifolia*. (A) *Mucor racemosus*; (B) *Hymenoplectella hippophaeicol*; (C) *Bartalinia pondoensis*; (D) *Xylaria cf. heliscus*; (E) *Diaporthe* sp.; (F) *Diaporthe endophytica*; (G) *Diaporthe eres*; (H) *Penicillium cinnamopurpureum*; (I) *Penicillium olsonii*; (J) *Talaromyces* sp.; (K) *Talaromyces verruculosum*; (L) *Talaromyces atroroseus*; (M) *Talaromyces minioluteus*; (N) *Ochrocladosporium elatum*; (O) *Dothideomyces* sp. Fonte: autoria própria.

## 2.3 Identificação dos constituintes químicos produzidos pelos fungos endofíticos

Os constituintes químicos presentes no extrato de acetato de etila dos fungos endofíticos de *S. terebinthifolia* incluem compostos fenólicos (Tabela 1) e compostos voláteis (Tabela 2).

## 3. Potencial farmacológico

As atividades biológicas da *S. terebinthifolia* são atribuídas aos seus compostos bioativos, em grande parte, aos metabólitos secundários. Assim como estas substâncias químicas contribuem para a manutenção da planta no ambiente, adaptação do vegetal a processos ecológicos, elas também podem ser responsáveis por atividades farmacológicas de interesse, como as descritas a seguir.

**Tabela 1.** Compostos fenólicos dos fungos endofíticos de *S. terebinthifolia*.

Amostra	Compostos fenólicos totais (mg EAG/g)	Ácidos fenólicos (mg EC/g)	Flavonoides (mg EQ/g)
<i>M. racemosus</i>	51	7	18
<i>B. pondoensis</i>	70	16	47
<i>Diaporthe</i> sp.	66	15	43
<i>D.endophytica</i>	31	1	11
<i>P. olsonii</i>	71	10	41
<i>T. verruculosum</i>	76	20	77
<i>T. atroroseus</i>	19	0	9
<i>T. minioluteus</i>	22	0	5
<i>O. elatum</i>	85	25	72
<i>Dothideomycetes</i> sp.	59	9	29

Fonte: adaptada de Rocha et al. (2020).

**Tabela 2.** Compostos voláteis dos fungos endofíticos de *S. terebinthifolia*.

Compostos (mg/L)	<i>M. racemosus</i>	<i>D. endophytica</i>	<i>T. verruculosum</i>	<i>O. elatum</i>	<i>Dothideomycetes</i> sp.
Ácido acético	1	3	9	2	2
Á. 3-metilbutírico	-	-	10	8	0
Acetato feniletílico	2	2	0	0	0
2-feniletanol	4	56	2	2	0
1-dodecanol	21	43	28	18	24
g-decalactona	2	0	2	-	-
Á. hexadecanoico	-	-	14	-	-

Á. 3-metilbutírico = Ácido 3-metilbutírico; Á. Hexadecanoico = Ácido hexadecanoico. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2020).

### 3.1 Atividade antioxidante

Como seres aeróbios, nosso metabolismo utiliza amplamente reações que envolvem oxigênio, em especial na respiração celular, e gera subprodutos como o ânion radical superóxido ( $O_2^-$ ). Estas espécies reativas ou ativas de oxigênio podem atacar macromoléculas como lipídeos de membrana, DNA e proteínas, alterando o funcionamento celular, por isso, quando em excesso, é necessário neutralizá-las. O organismo dispõe de uma série de mecanismos antioxidantes destinados a manter o equilíbrio ou balanço redox. Quando estes mecanismos falham, ocorre um quadro chamado de estresse oxidativo. Esta condição leva ao surgimento e progressão do envelhecimento precoce e de diversas doenças crônicas como as cardiovasculares, diabetes, doença de Alzheimer, obesidade e câncer.

A manutenção do equilíbrio redox no organismo ocorre pela atuação do sistema de defesa antioxidante endógeno associado aos antioxidantes exógenos, substâncias capazes de reduzir ou inibir o processo oxidativo (Tabela 3). O sistema de defesa endógeno é constituído por antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos. O sistema enzimático inclui a ação de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathiona peroxidase (GPx) e glutathiona redutase (GR) e, o sistema não-enzimático inclui substratos como a glutathiona reduzida (GSH) e glutathiona oxidada (GSSG).

**Tabela 3.** Características e mecanismo de ação dos antioxidantes endógenos e exógenos.

<b>Antioxidantes</b>	<b>Características</b>	<b>Mecanismo de ação</b>
<b>Endógenos</b>		
<b>Enzimáticos</b>		
SOD	Metaloenzima; Co-fator: Cu, Zn e Mn	Dismutar: $O_2^{\cdot -}$ em $H_2O_2$
CAT	Hemeproteína; Co -fator: $Fe^{3+}$ protoporfirina	Catalisar: $H_2O_2$ em $H_2O$ e $O_2$
GPx	Co-fator: Se; Substrato: GSH	Catalisar: $H_2O_2$ em $H_2O$ e $O_2$
GR	Flavoproteína	Oxidar: GSH em GSSH Reduzir: NADPH em NADP <sup>+</sup> Reduzir: GSSH a GSH
<b>Não-enzimáticos</b>		
GSH	Tripeptídeo: glicina, ácido glutâmico e cisteína	Substrato de GPx
GSSG	Forma pontes dissulfeto (-SS-)	Produto de GPx
<b>Exógenos</b>		
<b>Sintéticos</b>		
BHA e BHT	Lipofílicos	Doar elétrons
<b>Naturais</b>		
Minerais	Co-fatores de enzimas antioxidantes	Auxiliar nos processos de oxidação-redução
Vitaminas E	Lipofílico	Proteger membrana contra a lipoperoxidação; atuar diretamente em $O_2^{\cdot -}$ ; $\cdot OH$ e $LOO^{\cdot}$
Vitamina C	Hidrofílico	Inibir radicais livres; restaurar a vitamina E
Carotenoides	Tetraterpeno lipofílico	Inibir a ação de radicais livres e a peroxidação lipídica, eliminando $LOO^{\cdot}$
Flavonoides e taninos	Compostos hidrofílicos fenólicos	Doar hidrogênio ou elétrons; inibir radicais livres e reações de peroxidação lipídica; quelar ou se complexar com metais; atuar sobre $O_2^{\cdot -}$ e $\cdot OH$

SOD: superóxido dismutase; CAT: catalase; GPx: glutathiona peroxidase; GR: glutathiona redutase; GSH: glutathiona reduzida; GSSG: glutathiona oxidada; Cu: cobre; Zn: zinco; Mn: manganês;  $Fe^{3+}$ : íon férrico;  $O_2^{\cdot -}$ : ânion radical superóxido; OH: radical hidroxila; LOO: radical peroxila;  $H_2O_2$ : peróxido de hidrogênio;  $H_2O$ : água;  $O_2$ : oxigênio; NADPH e NADP+: nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato; BHA: hidroxianisol butilado; BHT: hidroxitolueno butilado. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2018).

Os antioxidantes exógenos consistem em substâncias naturais e sintéticas provenientes da alimentação. Dentre os antioxidantes exógenos naturais estão minerais (zinco, cobre, manganês, ferro 12 e selênio), vitaminas E e C (tocoferol e ácido ascórbico, respectivamente), terpenos (carotenoides) e compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e taninos) e, dentre os antioxidantes sintéticos estão o hidroxianisol butilado (BHA) e hidroxitolueno butilado (BHT) (Tabela 3).

Os extratos metanólicos das folhas, casca do caule, raiz e os extratos de acetato de etila de fungos endofíticos de *S. terebinthifolia* apresentam atividade antioxidante, observada nos ensaios DPPH, FRAP e branqueamento de  $\beta$ -caroteno (Tabela 4). Em suma, observa-se que os compostos presentes nos ensaios foram capazes de atuar diretamente sobre as espécies reativas reduzindo seus efeitos em diferentes contextos, uma vez que cada ensaio investiga uma ação antioxidante específica.

**Tabela 4.** Atividade antioxidante das folhas, cascas do caule, raízes e fungos endofíticos de *S.*

Amostra	DPPH	FRAP	Inibição do branqueamento do $\beta$ -caroteno
<b>Extrato metanólico</b>			
	IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL)	EC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL)	IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL)
Folhas	4	69	67
Caule	5	116	220
Raízes	6	85	177
<b>Extrato de acetato de etila</b>			
	(mg ET/g)	(mg equivalente FeII/g)	(% de inibição em 2 mg/mL)
<i>M. racemosus</i>	239	166	32
<i>B. pondoensis</i>	80	102	29
<i>Diaporthe</i> sp.	202	153	44
<i>D.endophytica</i>	68	46	30
<i>P. olsonii</i>	119	82	43
<i>T. verruculosum</i>	206	95	29
<i>T. atroroseus</i>	54	31	7
<i>T. minioluteus</i>	91	27	5
<i>O. elatum</i>	759	273	80
<i>Dothideomycetes</i> sp.	151	105	38

IC<sub>50</sub>: concentração inibitória de 50%; EC<sub>50</sub>: concentração efetiva em 50%; ET: equivalente ao trolox. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2019 e 2020).

### 3.2 Atividade antidiabética

O diabetes mellitus é uma doença multifatorial caracterizada pela hiperglicemia persistente, relacionada à deficiência da secreção de insulina (diabetes tipo 1) ou resistência das células-alvo à ação desse hormônio (diabetes do tipo 2). Como uma doença crônica, a pessoa pode conviver com esta doença durante um longo período de tempo. De forma “silenciosa”, comorbidades graves são desencadeadas, como retinopatias que podem levar à cegueira, alterações vasculares que culminam com amputações de membros inferiores e, até mesmo, a falência renal.

O diabetes mellitus está entre as principais causas de morte no mundo atualmente e, com perspectivas de crescimento para as próximas décadas até 2050. Além da mortalidade, o diabetes gera uma sobrecarga aos sistemas de saúde. Gravemente, o diabetes tem atingido um número cada vez maior de crianças e adolescentes, sendo urgente políticas públicas de prevenção e tratamento da doença, bem como, de novos produtos terapêuticos.

Os mecanismos estudados para o controle glicêmico incluem regulação da absorção de glicose pela inibição da atividade de enzimas digestivas  $\alpha$ -glicosidase e  $\alpha$ -amilase, inibição da proteína co-transportadora de sódio/glicose 2 (SGLT2), bem como mecanismos posteriores à absorção, que incluem a ativação da translocação intracelular do transportador de glicose tipo 4 (GLUT4), aumento da sensibilidade do substrato 1 do receptor de insulina (IRS1) e aumento da secreção de insulina. Estes mecanismos podem ser ativados por diferentes substâncias como inibidores de glicosidases e de SGLT2, biguanidas, tiazolidinedionas, sulfonilureias e análogos do peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1). Ainda que existam várias classes de antidiabéticos, os efeitos colaterais de alguns deles indicam a necessidade de desenvolvimento de novos medicamentos com efeitos colaterais reduzidos ou ausentes.

**Tabela 5.** Medicamentos para o controle glicêmico: classes, mecanismos de ação, exemplo e efeitos colaterais.

Classes	Mecanismo	Medicamento	Efeitos colaterais
Inibidores de glicosidases	Inibição (antagonista) da atividade de enzimas digestivas $\alpha$ -amilase e $\alpha$ -glicosidase. Retardo da absorção intestinal de glicose	Acarbose	Flatulência, diarreia e dores abdominais
Inibidores de SGLT2	Redução da reabsorção de glicose dos túbulos renais proximais	Dapagliflozina	Infecção urinária e poliúria
Biguanidas	Translocação de GLUT4 e aumento da atividade da enzima glicogênio sintetase	Metformina	Diarreia e náuseas
Tiazolidinedionas (TZDs)	Aumento da expressão de GLUT4 pela ativação de PPAR $\gamma$ . Aumento da sensibilidade à insulina	Rosiglitazona	Toxicidade hepática e aumento da massa corporal
Sulfonilureias	Insulínico: aumento da secreção de insulina	Glibenclamida	Hipoglicemia e aumento da massa corporal
Análogo de GLP-1	Aumento da síntese e secreção de insulina, além da redução de glucagon	Liraglutida	Hipoglicemia, náuseas, vômitos e diarreia

SGLT2: proteína cotransportadora de sódio/glicose 2; GLUT4: transportador de glicose tipo 4; PPAR- $\gamma$ : receptores de proliferador de peroxissomos gamma; GLP1: peptídeo semelhante a glucagon 1. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2018).

As propriedades antidiabéticas dos extratos das folhas, cascas do caule e raízes da *S. terebinthifolia* foram atribuídas *in vitro* pela inibição da atividade da enzima digestiva  $\alpha$ -glicosidase e pelo efeito anti-glicação, vias frutose e glicoxal (Tabela 6).

**Tabela 6.** Atividade antidiabética *in vitro* das folhas, cascas do caule e raízes de *S. terebinthifolia*.

Amostra	$\alpha$ -Glicosidase IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL)	Anti-glicação	
		Frutose	Glyoxal
Folhas	31	3	116
Caule	33	2	98
Raízes	16	1	32

IC<sub>50</sub>: concentração inibitória de 50% Fonte: adaptada de Rocha et al. (2019).

*In vivo*, o extrato das folhas de *S. terebinthifolia* foi capaz de reduzir a glicemia pós-prandial em camundongos normoglicêmicos. Em camundongos diabéticos, o extrato das folhas de *S. terebinthifolia* reduziu o consumo de água e normalizou os demais parâmetros antropométricos e bioquímicos, em especial a glicemia (Tabela 7).

**Tabela 7.** Atividade antidiabética *in vivo* das folhas de *S. terebinthifolia*.

Parâmetros	Controle normoglicêmico	Controle diabético	<i>S. terebinthifolia</i>
Consumo de água (mL/dia)	8	30	8
Glicemia	134	481	288

Fonte: adaptada de Rocha et al. (2019).

### 3.3 Atividade antibacteriana

As infecções bacterianas são um problema de saúde pública mundial, em especial, pelo aumento da resistência desses microrganismos aos medicamentos existentes e seleção de organismos multirresistentes, limitando as opções de tratamento disponíveis no mercado.

O controle do crescimento bacteriano é realizado por diferentes classes de medicamentos que atuam sobre diferentes

alvos nas bactérias. Os principais alvos dos medicamentos antibacterianos incluem a parede celular, a membrana plasmática, as proteínas e ácidos nucleicos (Tabela 8).

**Tabela 8.** Medicamentos antibacterianos: classes, medicamentos e mecanismos de ação.

Classes	Medicamentos	Mecanismo de ação
Sulfonamidas	Sulfadiazina	Interfere na síntese de nucleotídeos
β-lactâmicos	Amoxicilina	Inibe a síntese de peptidoglicano da parede celular bacteriana
Tetraciclina	Doxiciclina	Inibe a síntese proteica impedindo a ligação do RNAt ao complexo RNAm-ribossomo
Fluoroquinolonas	Ciprofloxacina	Inibe Topoisomerase II e não permite a replicação e transcrição do DNA

RNAt: RNA transportador; RNAm: RNA mensageiro. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2018).

Os extratos de fungos endofíticos de *S. terebinthifolia* (*M. racemosus*, *D. endophytica*, *T. minioluteus*, *O. elatum* e *Dothideomyces* sp) possuem atividades seletivas contra diferentes estirpes bacterianas (Tabela 9). As bactérias, pela técnica de coloração de Gram, podem ser classificadas em gram-positivas e gram-negativas.

**Tabela 9.** Atividade antibacteriana dos fungos endofíticos de *S. terebinthifolia*.

Fungos endofíticos	Bactérias gram-positivas		Bactérias gram-negativas		
	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Salmonella entérica</i>	
	ATCC	ESA	ATCC	ATCC	ESA
			MIC (mg/mL)		
<i>M. racemosus</i>	1*	1*	0,25*	-	0,25*
<i>B. pondoensis</i>	-	-	0,25*	-	0,25/0,5*
<i>Diaporthe</i> sp.	-	-	0,5*	-	0,5*
<i>D.endophytica</i>	1	1	0,5*	1	0,5*
<i>P. olsonii</i>	-	-	0,25/0,50*	-	0,25*
<i>T. verruculosum</i>	-	-	0,25*	-	1*
<i>T. atroseus</i>	-	-	0,5*	-	0,5*
<i>T. minioluteus</i>	1	1	0,5/1*	-	0,5*
<i>O. elatum</i>	0,5*	0,5*	0,13/0,25*	1	0,5*
<i>Dothideomyces</i> sp.	1	1	0,25/0,5*	-	0,5*

MIC: concentração inibitória mínima; ATCC: American Type Culture Collection; ESA: Escola Superior Agrária de Bragança; nd, não detectado (resultado superior a 1,00 mg/mL). \*MBC: concentração bactericida mínima. Fonte: adaptada de Rocha et al. (2020).

*Staphylococcus aureus* é uma bactéria gram-positiva sobre a qual o extrato dos fungos *M. racemosus* e *O. elatum* apresentaram atividade bactericida. Esse efeito foi observado tanto em bactérias de origem controlada (ATCC) como hospitalar (ESA). A ação

bacteriostática foi induzida por um maior número de fungos (Tabela 9). Esse patógeno humano apresenta mecanismos para adquirir resistência a múltiplos agentes antimicrobianos, sendo constantemente fonte de infecções humanas, incluindo endocardite infecciosa, infecções cutâneas, osteomielite, infecções pulmonares, gastroenterite e infecções do trato urinário.

*Klebsiella pneumoniae* e *Salmonella enteritidis* são bactérias gram-negativas. A bactéria *K. pneumoniae* está associada principalmente a infecções hospitalares, infecções do trato urinário, pneumonia e infecções sanguíneas e, também ocasionam abscesso hepático piogênico, endoftalmite e meningite. A bactéria *S. enteritidis* é a principal responsável por contaminações de origem alimentar, ocasionando infecções no trato gastrointestinal e desenvolvimento de doenças sistêmicas. Sobre as estirpes controladas todos os extratos fúngicos apresentaram atividade bacteriostática e bactericida. Contudo, sobre as estirpes hospitalares apenas os extratos dos fungos *D. endophytica* e *O. elatum* apresentaram atividade bacteriostática.

### **3.4 Atividade anti-inflamatória**

A inflamação ocorre como um processo natural de defesa do organismo frente a uma infecção ou lesão tecidual, a fim de eliminar o patógeno e/ou acelerar a reparação do tecido. Contudo, quando ativada de forma excessiva e persistente, a inflamação pode comprometer tecidos e órgãos, levando ao desenvolvimento de diferentes doenças, como cardiovasculares, diabetes, obesidade, esclerose múltipla, osteoartrite e câncer. Juntos, estresse oxidativo e inflamação são duas condições metabólicas relacionadas ao diagnóstico e prognóstico negativo de doenças crônicas não transmissíveis.

Os medicamentos utilizados para o controle da inflamação incluem anti-inflamatórios esteroidais (conhecidos como corticoides) e não-esteroidais. Os mecanismos estudados para o controle da inflamação incluem redução do influxo de leucócitos e secreção de citocinas inflamatórias, além da inativação das

enzimas que degradam o ácido araquidônico, como ciclo-oxigenase (COX). Esses mecanismos podem ser ativados por diferentes substâncias como agonistas de glicocorticoides e inibidores de COX (Tabela 10). Contudo, os anti-inflamatórios devem ser utilizados por períodos controlados de tempo, a fim de evitar seus efeitos colaterais que vão de náuseas, problemas gastrointestinais, aumento de peso, até falência renal. Vale destacar que, na perspectiva de inflamação crônica subaguda, o quadro de obesidade tem sido associado à produção de adipocinas pró-inflamatórias, como interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ).

**Tabela 10.** Medicamentos anti-inflamatórios: classes, medicamentos, mecanismos de ação e efeitos colaterais.

Classes	Medicamentos	Mecanismos de ação	Efeitos colaterais
Não-esteroidais	Nimesulida	Inibidor da COX-2	Problemas gastrointestinais
Esteroidais	Dexametasona	Agonista do receptor glicocorticoide. Redução da migração de leucócitos	Aumento do peso

Fonte: Autoria própria.

Em camundongos tratados via oral com óleo essencial (30 mg/kg) ou extrato metanólico das folhas (300 mg/kg) de *S. terebinthifolia* foi observada redução do edema de pata, caracterizando seu efeito anti-inflamatório. Assim também, o extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia* (100 mg/kg) reduziu a migração de leucócitos induzida por carragenina em camundongos.

### 3.5 Atividade analgésica

A ação analgésica é fundamental para o controle de dores agudas e crônicas, decorrentes de diferentes fatores causadores como processos inflamatórios, lesão tecidual e crescimento tumoral. Os medicamentos utilizados para o controle da dor incluem analgésicos não-opioides e opioides. Os mecanismos estudados para o controle da dor envolvem inibição da enzima COX, com conseqüente redução da síntese de prostaglandinas, e

da sensibilização de terminações nervosas nos tecidos periféricos, além da redução da excitabilidade neuronal pela modulação de canais iônicos. Estes mecanismos podem ser ativados por diferentes substâncias como agonistas de opioides e inibidores de COX (Tabela 11).

**Tabela 11.** Medicamentos analgésicos: classes, medicamentos e mecanismos de ação.

<b>Classes</b>	<b>Medicamentos</b>	<b>Mecanismos de ação</b>	<b>Efeitos colaterais</b>
Não-opioides	Dipirona	Inibidor da COX. Inibidor da síntese de prostaglandina	Problemas gastrointestinais
Opioides	Tramadol	Agonista do receptor opioide Redução da excitabilidade neuronal pela abertura dos canais de K <sup>+</sup>	Tontura e fraqueza

Fonte: Autoria própria.

Alguns quadros de dor se mostram refratários aos analgésicos atualmente disponíveis, tornando-se extremamente relevante a busca por novas opções terapêuticas.

A administração oral do extrato das folhas de *S. terebinthifolia* (100 mg/kg) reduziu a hiperalgesia em camundongos. Assim também, ratos tratados com 100 mg/kg do óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolia* e, camundongos tratados com 30 mg/Kg do óleo essencial das folhas de *S. terebinthifolia* apresentaram redução da hiperalgesia.

#### **4. Toxicidade**

As plantas medicinais acompanham a história da própria humanidade. A interação do homem com a natureza permitiu o desenvolvimento das sociedades, incluindo os aspectos de alimentação e saúde. Muitos vegetais foram selecionados por diferentes culturas para diferentes fins, sendo seu uso transmitido de geração em geração. Embora as mudanças culturais tenham levado a uma diminuição desse conhecimento passado de forma transgeracional, em especial a migração do homem para as cidades e, com isso, menor acesso aos vegetais e aumento de medicamentos disponíveis, ainda resiste e cresce o

olhar favorável sobre os produtos naturais para a manutenção da saúde, prevenção e tratamento de doenças.

Durante este processo, plantas tóxicas têm sido identificadas. Assim, duas ideias sobre plantas medicinais e toxicidade precisam ser difundidas na sociedade. A primeira é que nem tudo que é natural não é tóxico e, a segunda, refere-se à dose utilizada. Desta, advém uma conhecida frase “a diferença entre o remédio e o veneno é a dose”. A utilização de plantas medicinais leva à necessidade de estudos que comprovem sua eficácia e segurança de uso, incluindo estudos de toxicidade.

Neste sentido, embora *S. terebinthifolia* tenha demonstrado efeitos farmacológicos positivos e relevantes, o estudo de sua toxicidade tem demonstrado que a dose utilizada deve ser observada. Em eritrócitos humanos, o extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia* não promoveu a hemólise até a concentração de 250 µg/mL durante o período experimental de 240 min. No entanto, em concentrações acima de 500 µg/mL o extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia* induziu hemólise, mostrando um perfil pró-oxidante em elevadas concentrações, de forma semelhante ao que foi observado para a vitamina C. Neste mesmo sentido, em células tiroideanas PCCL3 expostas a concentrações acima de 50 µg/mL do extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia* por 72 h foram observadas mudanças na sua morfologia e viabilidade.

Embora tenham sido observadas ações que indicam o cuidado no uso de *S. terebinthifolia*, camundongos tratados com 2.000 mg/kg do extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia* não apresentaram alterações nos parâmetros biométricos avaliados. Contudo, deve-se relatar que camundongos tratados com uma dose maior, 5000 mg/kg do extrato metanólico das folhas de *S. terebinthifolia*, apresentaram redução da massa corporal, aumento da ingestão de água e ração.

## **Conclusão e perspectivas**

O conhecimento atual sobre *S. terebinthifolia* estimula cada vez mais o desenvolvimento de estudos para a aplicação desta planta. Os indícios de potencial toxicidade, orientam para que este aspecto seja sempre considerado. Os avanços sobre os constituintes químicos produzidos por *S. terebinthifolia*, bem como por seus fungos endofíticos, e as ações farmacológicas já observadas, abrem possibilidades para novos estudos com o objetivo de desenvolvimento de produtos tanto para a promoção e manutenção da saúde, quanto para a prevenção e tratamento de doenças.



## REFERÊNCIAS

FEDEL-MIYASATO, L. E.S.; KASSUYA, C. A.L.; AUHAREK, S.A.; FORMAGIO, A. S.N.; CARDOSO, C. A. L.; MAURO, M. O.; CUNHA-LAURA, A. L.; MONREAL, A. C. D.; VIEIRA, M. C.; OLIVEIRA, R. J. Evaluation of anti-inflammatory, immunomodulatory, chemopreventive and wound healing potentials from *Schinus terebinthifolius* methanolic extract. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, n. 5, p. 565-575, 2014.

MARANGONI, J. A.; COSTA PINTO, J. V.; KASSUYA, C. A. L.; OLIVEIRA JUNIOR, P. C.; SANTOS, S. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, R. M. M. F.; ESPÍNDOLA DA SILVA, M.; MACHADO, C. D.; MANFRON, J.; FORMAGIO, A. S. N.J. Geographical variation in the chemical composition, anti-inflammatory activity of the essential oil, micromorphology and histochemistry of *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 301, p. 115786, 2023.

OLINTO, S. C. F.; PICOLI SOUZA, K.; NUNES, M.T.; VALLE, M. M.R.; SERRANO-NASCIMENTO, C.; ROCHA, P. S.; MONTEIRO-ALFREDO, T.; SANTOS, E. L.; CALIL-SILVEIRA, J.; DIAS, R.B.A. Antiproliferative and cytotoxic effects of *Schinus terebinthifolia* leaf extract on thyroid follicular cells. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 30, p. 693-700, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, P. C.; BALEN, E.; ARRIGO, J. S.; FORMAGIO, A. S. N.; SILVA, M. M.; KASSUYA, C. A. L. Analgesic effect of methanolic extract obtained from *Schinus terebinthifolius* leaves. **Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 17, n. 2, p. 175-186, 2020.

PICCINELLI, A. C.; SANTOS, J. A.; KONKIEWITZ, E. C.; OESTERREICH, S. A.; FORMAGIO, A. S.; CRODA, J.; ZIFF, E. B.; KASSUYA, C. A. Antihyperalgesic and antidepressive actions of (R)-(+)-limonene,  $\alpha$ -phellandrene, and essential oil from *Schinus terebinthifolius* fruits in a neuropathic pain model. **Nutritional Neuroscience**, v. 18, n. 5, p. 217-24, 2015.

ROCHA, P. S. **Caracterização química e atividades biológicas de *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. e *Schinus terebinthifolius* Raddi**. 2018. 138 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade). Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados-MS.

ROCHA, P. S.; PAULA, V. M. B.; OLINTO, S. C. F.; SANTOS, E. L.; PICOLI SOUZA, K.; ESTEVINHO, L.M. Diversity, chemical constituents and biological activities of endophytic fungi isolated from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Microorganisms**, v. 8, n. 6, p. 859, 2020.

ROCHA, P. S.; ARAÚJO BOLETI, A. P.; VIEIRA, M. C.; CAROLLO, C. A.; SILVA, D. B.; ESTEVINHO, L. M.; SANTOS, E. L.; PICOLI SOUZA, K. Microbiological quality, chemical profile as well as antioxidant and antidiabetic activities of *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 220, p. 36-46, 2019.

ROCHA, P.S.; CAMPOS, J.F.; NUNES-SOUZA, V.; VIEIRA, M. C.; BOLETI, A. P. A.; RABELO, L. A.; SANTOS, E. L.; PICOLI SOUZA, K. Antioxidant and protective effects of *Schinus terebinthifolius* Raddi against doxorubicin-induced toxicity. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 184, n. 3, p. 869-884, 2018.

SILVA, M.; IRIGUICHI, E. K. K.; KASSUYA, C. A. L.; VIERA, M. C.; FOGGIO, M. A.; CARVALHO, J. E.; RUIZ, A. L. T. G.; PICOLI SOUZA, K. P.; FORMAGIO, A. S. N. *Schinus terebinthifolius* Raddi: Phenolic constituents and *in vitro* antioxidant, antiproliferative and *in vivo* anti-inflammatory activities. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 445-452, 2017.





## Capítulo 11

### **Potencial alimentar do fruto *Alibertia edulis* (Rich.) (Rich.) A. Rich. ex DC**

Silvia Sayuri Yahagi<sup>a</sup>, Luciane Yukari Yahagi<sup>a</sup>, Maria do Carmo Vieira<sup>b</sup>, Ana Paula da Fonseca Machado<sup>a</sup>, Eliana Janet Sanjinez Argandoña<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Faculdade de Engenharia (FAEN), <sup>b</sup>Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rod. Dourados-Itahum, Km 12, 79804-970 Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.\* E-mail: elianaargandona@ufgd.edu.br

#### **Resumo**

O Cerrado brasileiro é o bioma com maior biodiversidade do mundo e com espécies frutíferas ricas em compostos bioativos. Este bioma apresenta plantas frutíferas que fornecem frutos com características de cor, sabor e aroma muito peculiares, além de propriedades nutricionais e biológicas. Geralmente são consumidos pela população local na forma *in natura* ou processados para consumo familiar como sucos, geleias, compotas, entre outros. Além disso, pelo conhecimento popular, muitos desses frutos são empregados para uso medicinal. Contudo poucas espécies vegetais têm sido estudadas, e a produção comercial dos frutos dessas espécies são praticamente inexistentes ou realizadas em pequena escala, provavelmente, pela pouca informação disponibilizada das propriedades nutricionais e funcionais. Dentre as espécies encontradas no Cerrado com características peculiares está a *Alibertia edulis* (Rich), popularmente conhecida como marmelo do cerrado. Esta espécie pertencente à família Rubiaceae e produz frutos de cor marrom com casca dura, polpa carnosa e com elevado número de sementes. O conhecimento popular atribui ao marmelo do cerrado funções antissépticas, antinociceptivas, antivirais, anti-

inflamatórias, adstringentes e diuréticas. Apesar da sua reconhecida aplicação medicinal e ornamental, pouquíssimos são os relatos a respeito do seu potencial para ser aplicado na indústria de alimentos. Devido a isso, o objetivo principal do presente capítulo é mostrar e discutir a potencialidade tecnológica alimentícia do marmelo do cerrado por meio da apresentação dos resultados obtidos de dois estudos recentemente realizados pelo nosso grupo de pesquisa onde o marmelo do cerrado foi empregado como matéria-prima chave para a elaboração de produtos alimentícios mais versáteis, nutritivos e com maior vida útil em comparação ao fruto *in natura*. Esses produtos foram: farinhas e duas barras de cereais.

**Palavras-chave:** Cerrado brasileiro, alimento funcional, marmelo do cerrado, desidratação, farinha, barra alimentícia.

## 1. Introdução

A fome e desnutrição permanecem entre os problemas mais devastadores enfrentados pelas populações de baixa renda do mundo. As consequências trágicas da desnutrição incluem redução na capacidade de trabalho físico, aprendizagem, capacidade intelectual, na participação em decisões sociais e em último caso, a morte (Onu, 2022; Oxfam-Brasil, 2022). Há algum tempo, somando esforços em uma iniciativa transversal com vista à conservação e ao uso sustentável da biodiversidade para alimentação e nutrição, vem se procurando alimentos alternativos nativos ou adaptados ao local com propriedades nutricionais e funcionais que contribuam para a segurança alimentar e nutrição humana, além de promover o uso sustentável da biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente-Brasil, 2012).

O Cerrado apresenta diversas espécies vegetais que podem ser consideradas “Plantas do Futuro” dentre elas a guavira (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O.Berg), o araticum

(*Annona* sp.), a bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.), a cereja-do-cerrado (*Eugenia calycina*), a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*), a taperebá (*Spondias mombin*), e o marmelo do cerrado (*Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC). A produção comercial dos frutos dessas espécies é praticamente inexistente ou realizada em pequena escala, devido à pouca informação disponibilizada das propriedades nutricionais e medicinais. As frutas nativas, em geral, podem ser consumidas na sua forma *in natura* ou utilizadas para a produção de doces, geleias, sucos e licores (Sano et al., 2006; Messias et al., 2015).

O marmelo do cerrado (*A. edulis*), também conhecido como puruí, apuruí, marmelada, marmelada nativa, marmelada bola, marmelada-de-cavalo, marmelada-de-bezero e amanina, é frequentemente encontrado em áreas do bioma Cerrado e raramente cultivado (Menegati et al., 2015; Castro e Cardoso, 2021). O seu *habitat* natural é na região Amazônica podendo ser encontrado também em áreas do Brasil Central até São Paulo e Mato Grosso do Sul. Seus frutos são bagas globosas que podem pesar até 40 g, de cor marrom e polpa carnosa de sabor doce, com amadurecimento entre os meses de novembro a janeiro (Lorenzi et al., 2006; Castro e Cardoso, 2021). Atualmente, a sua utilização é limitada ao consumo *in natura* e são apreciados pela comunidade local onde são encontrados. O fruto apresenta alto potencial nutricional além de medicinal, o que possibilita a obtenção de produtos alimentícios com propriedades nutricionais e funcionais obtidos a partir da desidratação do fruto *in natura* e de seus derivados/subprodutos, obtendo-se produtos tipo farinha, e a partir deste, produtos de panificação, barras alimentícias, doces, sucos, entre outros (Castro e Cardoso, 2021).

Até o presente momento não foi encontrado nenhum trabalho publicado na literatura científica que comprove a potencial aplicabilidade de *A.edulis* no campo alimentício. Em função disso a seguir serão apresentados alguns resultados de dois trabalhos científicos que foram recentemente realizados pelo nosso grupo de pesquisa.

## 2. Propriedades do *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC

### 2.1. Propriedades Físicas

As plantas da espécie *A. edulis* (marmelo do cerrado) têm frutificação o ano inteiro com frutos do tipo baga, esféricos, com comprimento médio de 5,5 cm e diâmetro de 6,0 cm (Figura 1) (Castro e Cardoso, 2021). Os frutos maduros apresentam cor amarelo-palha e preto, polpa suculenta que corresponde a 30% do peso do fruto, que podem ser consumidos *in natura* ou utilizados para preparar geleias, doces, refrescos, sucos e ponche. A parte escura e viscosa dos frutos, devido à presença de pectina, pode ser usada no processamento de outros doces. As sementes são achatadas, pequenas, pardo-amareladas e têm cerca de 50% de germinação (Lorenzi et al., 2006; Sobrinho et al., 2017) (Figura 1).

A atividade da água do marmelo do cerrado fica em torno de 0,97. Essa informação é importante para o processamento e conservação do produto, uma vez que está relacionada com a água disponível no alimento. Alimentos com atividade de água maiores que 0,85 são suscetíveis à rápida deterioração e ao crescimento microbiano. De acordo com Franco e Landgraf (2008), o pH da parte comestível do marmelo do cerrado verde e maduro é aproximadamente de 4,91 e 5,11, respectivamente, considerado pouco ácido (pH > 4,5). Nesses pHs as bactérias patogênicas dificilmente se desenvolvem.

Outra informação importante do fruto do marmelo do cerrado é o percentual de sólidos solúveis no fruto que está relacionado com o teor de doçura. O teor de sólidos solúveis que podem ser obtidos nos frutos *in natura*, tanto nos verdes quanto nos maduros, tem sido citado como sendo valores em torno de 20,0 e 23,6 °Brix, respectivamente (Rocha, 2011; Becker, 2015). Como pode se ver, o marmelo verde tem apresentado teor de sólidos solúveis muito similar ao maduro. Soares et al. (2007), em estudos com goiaba branca, relatou que o teor de sólidos solúveis

aumenta gradativamente durante alguns estádios de maturação, contudo no fruto maduro ocorre uma diminuição deste valor, isso provavelmente ocorre devido ao alto consumo de açúcares durante o processo de respiração.



**Figura 1.** Aspecto visual do fruto inteiro e da parte comestível do marmelo do cerrado (*Alibertia edulis* Rich.). Fonte: Os autores

## 2.2. Propriedades Nutricionais

Os frutos do marmelo do cerrado são fonte de carboidratos, fibras, minerais e compostos bioativos. Na Tabela 1 são apresentados a composição nutricional e o valor energético da parte comestível dos frutos *in natura* e das farinhas nos estádios de maturação verde e maduro determinados experimentalmente pelo nosso grupo de pesquisa. As discussões apresentadas a partir desses dados foram feitas considerando-os em base seca para facilitar a comparação entre eles e com os dados encontrados na literatura.

Como pode ser notado na Tabela 1, o conteúdo de água da parte comestível para o marmelo do cerrado verde foi de 72,64 g/100g semelhante a aqueles observados por Rocha (2011) (70,90 g/100g) e Becker (2015) (75,15 g/100g) para frutos maduros de *A. sessilis* Schum. O teor de umidade obtido no marmelo maduro (61,61 g/100g) foi menor inferior, devido provavelmente ao fato do amadurecimento do fruto provocar

alterações químicas como a formação de amido, pectina e açúcares. Isso faz com que a água se ligue fortemente a esses constituintes, fazendo com que o teor de umidade seja menor em comparação com o fruto verde (Chitarra e Chitarra, 2005). A água interage com substâncias hidrofílicas por meio de ligações iônicas e covalentes, acarretando mudanças na estrutura, na reatividade de substâncias hidrofílicas e na mobilidade da água (Martins et al., 2013).

Em relação ao teor de carboidratos foi observado que com o aumento do estágio de maturação do fruto o teor aumentou (Tabela 1) sendo os valores encontrados (48,97 e 58,58 g/100 g de massa seca para fruto verde e maduro) comparativamente menores aos observados em vários frutos do cerrado, como o tuturuba (92,31 g/100g), puçá-preto (85,40 g/100g), mangaba (77,91 g/100g) e cajui (90,23 g/100g) (Rocha, 2011). O teor de carboidratos nas farinhas (Tabela 1) não apresentou diferença estatística entre os dois estádios de maturação dos frutos, obtendo 69,25 g/100g massa seca para o fruto verde e 68,61 g/100g massa seca para o fruto maduro, sendo estes valores maiores aos obtidos pela farinha do jatobá-do-cerrado (30,90 g/100g), jatobá-da-mata (27,63 g/100g) (Silva et al., 2001), bocaiuva (39,66 g/100g) (Kopper et al., 2009), e baru (30,61 g/100g) (Ortolan et al., 2016), o que pode favorecer o aumento do valor energético.

**Tabela 1.** Composição nutricional e valor energético da parte comestível de frutos de marmelo do cerrado *in natura* e das farinhas obtidas dos frutos nos estádios de maturação verde e maduro.

Componentes	Fruto <i>In natura</i>		Farinha do fruto	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Umidade (g/100g)*	72,64 ± 0,51 <sup>a</sup>	61,61 ± 1,25 <sup>b</sup>	7,87 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,24 ± 0,11 <sup>b</sup>
Carboidratos (g/100g)	13,40 ± 0,14 <sup>a</sup>	22,49 ± 0,75 <sup>b</sup>	63,92 ± 2,19 <sup>a</sup>	66,70 ± 1,96 <sup>a</sup>
Fibra insolúvel (g/100g)	10,33 ± 0,10 <sup>a</sup>	9,70 ± 3,38 <sup>b</sup>	14,95 ± 0,14 <sup>a</sup>	14,12 ± 0,01 <sup>b</sup>
Proteínas (g/100g)	2,88 ± 0,58 <sup>b</sup>	4,38 ± 0,20 <sup>a</sup>	8,41 ± 0,79 <sup>b</sup>	13,39 ± 3,11 <sup>a</sup>
Resíduo mineral fixo (g/100g)	0,86 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,97 ± 0,04 <sup>b</sup>	3,43 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,14 <sup>b</sup>
Lípidios (g/100g)	0,22 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,30 ± 0,38 <sup>a</sup>	2,46 ± 0,71 <sup>a</sup>
Acidez titulável (g ácido tartárico/100g)	0,11 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,74 ± 0,07 <sup>b</sup>	4,59 ± 0,13 <sup>a</sup>	6,03 ± 0,14 <sup>b</sup>
Valor energético (kcal/100g)	67,10 ± 1,86 <sup>a</sup>	111,47 ± 3,59 <sup>b</sup>	310,05 ± 2,00 <sup>a</sup>	342,55 ± 4,44 <sup>a</sup>

\*Conteúdo em base úmida. Os demais componentes foram analisados em 100 g de massa seca. Valores são expressos com médias e desvio padrão (n = 3). Letras iguais na mesma linha para o fruto *in natura* (verde e maduro) e para farinha (fruto verde e maduro) significa que os valores não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os autores

No que se refere ao teor de fibras verificou-se que com o estágio de maturação mais tardio ocorreu diminuição na quantidade de fibras presentes no fruto (Tabela 1). O mesmo tendeu a ocorrer para as farinhas (16,23 e 14,44 g/100g, para o fruto verde e maduro, respectivamente). Durante o amadurecimento a celulose, hemicelulose e lignina, constituintes das fibras insolúveis, são parcialmente degradados por enzimas hidrolíticas, devido ao rompimento da lamela média e degradação da parede celular (Huysamer et al., 1997; Filiszetti e Lobo, 2007). Quando o fruto atinge o estágio de maturação maduro, as pectinas são solubilizadas, acarretando no amaciamento dos tecidos (Chitarra e Chitarra, 2005). Foi possível notar que os conteúdos de fibras (Tabela 1) obtidos nas farinhas foram similares aos da farinha de baru de 16,38 g/100g (Ortolan et al., 2016) e menores ao da fruta-se-lobo (26,45 g/100g) (Clerici et al.,

2011). O consumo de fibras é recomendado pelos benefícios trazidos à saúde, como os menores riscos de desenvolvimento de doença coronariana, hipertensão, obesidade, diabetes e câncer de cólon, além da redução dos níveis séricos de colesterol, melhoria da glicemia em pacientes diabéticos e redução do peso corporal (Bernaud e Rodrigues, 2013).

Os valores obtidos do teor de proteínas (Tabela 1) dos frutos *in natura* (11,40 g/100g do fruto maduro e 10,52 g/100g do fruto verde) em relação aos 2,7491 g/100g obtidos por Rocha (2011) e aos 3,23 g/100g obtidos por Becker (2015). Em estudo realizado com polpa e sementes do fruto do mesmo gênero, Becker (2015) observou que as sementes apresentaram elevado teor de proteínas (8,95 g/100g). Portanto, pode considerar-se que os altos valores obtidos foram devidos às sementes presentes na parte comestível do fruto. Os valores obtidos nas farinhas dos frutos nos dois estádios de maturação (Tabela 1) foram semelhantes.

Em relação ao teor de minerais (Tabela 1), o marmelo do cerrado *in natura* maduro apresentou valor inferior (2,52 g/100g) em comparação com o fruto verde (3,13 g/100g). Tendência semelhante foi observada também por Figueiredo et al. (1986). O resultado obtido com a polpa do fruto do marmelo maduro foi muito similar aos valores obtidos por Rocha (2011) (2,40 g/100g) e Becker (2015) (2,53 g/100g). O teor de minerais determinado na farinha dos marmelos verdes foi de 3,72 g/100g e na farinha dos marmelos maduros foi de 2,44 g/100g. Resultados similares foram obtidos por Hiane et al. (2009) em estudo realizado com a bocaiúva, que apresentou 3,65 g/100g de teor de resíduo mineral.

O teor de lipídeos (Tabela 1) dos frutos *in natura* tanto verdes e maduros foram próximos aos valores relatados por Rocha (2011) e Becker (2015), de 1,03 g/100g e 0,98 g/100g, respectivamente. Segundo Silva et al. (2008), diversos estudos mostram que grande parte dos frutos de plantas do Cerrado apresentavam baixos teores de lipídeos, como no caso do araçá (2,77 g/100g), gabioba (0,95 g/100g), pitomba (1,13 g/100g) e puçá (2,08 g/100g). Em relação às farinhas (Tabela 1), não houve

diferença entre os valores obtidos para ambos os frutos maduro e verde com valores semelhantes ao obtido na farinha de jatobá-da-mata (2,92 g/100g) (Silva et al., 2001).

Em relação à acidez (Tabela 1), o marmelo *in natura* maduro apresentou maior acidez (1,94 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g) em comparação com o fruto verde que teve acidez de 0,40 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g. Contudo, os resultados observados foram significativamente inferiores aos obtidos por Rocha (2011) na marmelada-de-cachorro (3,8 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g) e por Becker (2015) (1,97 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g). Os fatores que podem ter induzido essa mudança são a maturação, o tipo de solo e às condições edafoclimáticas da região onde foi realizada a coleta dos frutos. O aumento da acidez ocorre devido à formação de ácidos orgânicos durante o processo de maturação (Soares et al., 2007). Na farinha dos frutos verdes (4,59 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g) e maduros (6,03 g<sub>ácido tartárico</sub>/100g) (Tabela 1), houve aumento nos valores em comparação com o marmelo *in natura* devido, provavelmente, ao fato de durante a desidratação ocorrer a concentração dos ácidos orgânicos presentes no fruto, o que justificaria esses maiores valores.

Ao relacionar os valores energéticos foi observado que o fruto *in natura* verde (254,66 kcal/100g) apresentou menor valor que o maduro (294,53 kcal/100g) mas, os dois valores foram inferiores ao observado por Rocha (2011) (398,88 kcal/100g) e por Becker (2015) (344,90 kcal/100g). Os valores energéticos determinados no marmelo do cerrado foram considerados como de baixa caloria quando comparados com os valores obtidos em outros frutos do Cerrado como o chichá (452,52 kcal/100g) (Silva et al., 2008) e mangaba (415,12 kcal/100g) (Rocha, 2011). Apesar dessas diferenças de valores calóricos se considera no geral que a maioria dos frutos do Cerrado apresentam baixo teor de lipídeos e por isso são considerados frutos com baixo conteúdo calórico.

Esses resultados obtidos mostram que para o beneficiamento/processamento de qualquer alimento é de suma importância o conhecimento dos componentes nutricionais para guiar ao profissional da área a escolher o(s) processo(s) mais

adequado(s) para chegar ao produto final desejado mantendo ou extraindo o melhor que o alimento *in natura* oferece.

### **3. Aplicações e potencialidades tecnológicas alimentares**

Como na literatura científica não foram encontrados relatos sobre a potencialidade tecnológica do marmelo do cerrado no setor alimentício foram realizados dois estudos complementares com os frutos do marmelo do cerrado procurando a elaboração de produtos alimentícios (1-farinha e 2-barra de cereal) com alto valor nutricional, funcional e versátil, para mostrar o potencial tecnológico alimentício desses frutos.

#### **3.1. Produção de Farinha**

A obtenção de produtos desidratados e moídos, tipo farinha, a partir da polpa, casca ou das sementes dos frutos é considerada altamente atrativa devido à extensa vida útil em comparação com a fruta *in natura*, promovida pela redução da atividade de água durante a desidratação, o que dificulta o crescimento de bactérias deteriorativas e concentra algumas propriedades nutricionais do fruto. Na forma de farinha, o fruto pode ser armazenado por maior tempo com menor peso e fácil manuseio (Souza et al., 2012). Seu emprego como matéria prima, ingrediente ou suplemento pode gerar produtos alimentícios com maior valor nutricional e funcional.

As farinhas dos frutos do marmelo do cerrado verdes (7,87 g/100g) e maduros (2,24 g/100g) (Tabela 1) apresentaram teor de água menor aos 13% exigidos pelo Codex alimentarius (1969), portanto as farinhas são consideradas estáveis à temperatura ambiente desde que acondicionadas em embalagens apropriadas. As farinhas podem ser utilizadas na elaboração de produtos como pães, biscoitos e barras de cereais, dentre outros, permitindo a obtenção de um produto com melhor qualidade nutricional e tecnológica (Souza et al., 2008).

### 3.1.1. Características da farinha de marmelo do cerrado

#### 3.1.1.1. Composição nutricional

Os dados referentes à composição nutricional das farinhas de marmelo do cerrado obtidas por secagem convectiva com e sem pré-tratamento osmótico são apresentados na Tabela 2. Os teores de umidade das farinhas dos tratamentos sem (7,87 g/100g) e com (6,60 g/100g) de desidratação foram inferiores ao exigido pela legislação brasileira, que é de 15% (Brasil, 2005). O pré-tratamento osmótico influenciou na redução da umidade pela perda de água durante a imersão em solução hipertônica.

**Tabela 2.** Composição nutricional da farinha de marmelo do cerrado obtida por desidratação convencional (T1) e desidratação associada ao processo osmótico (T2).

Componentes	Farinha sem DO (T1)	Farinha com DO (T2)
Umidade (g/100g)*	7,87 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,60 ± 0,04 <sup>b</sup>
Carboidratos (g/100g)	63,92 ± 1,73 <sup>b</sup>	75,92 ± 2,72 <sup>a</sup>
Fibra bruta (g/100g)	14,07 ± 1,52 <sup>a</sup>	7,94 ± 0,78 <sup>b</sup>
Proteínas (g/100g)	8,41 ± 0,73 <sup>a</sup>	5,64 ± 0,50 <sup>b</sup>
Resíduo mineral fixo (g/100g)	3,43 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,70 ± 0,06 <sup>b</sup>
Lipídeos (g/100g)	2,30 ± 0,35 <sup>a</sup>	2,20 ± 0,35 <sup>a</sup>
Valor energético (kcal/100g)	310,02	346,04

DO: desidratação osmótica. \*Conteúdo em base úmida. Os demais componentes foram analisados em 100 g de massa seca. Valores são expressos com médias e desvio padrão (n = 3). Letras iguais na mesma linha significa que os valores não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.

A farinha obtida pelo tratamento com desidratação osmótica (T2) apresentou maior conteúdo de carboidratos devido provavelmente à impregnação de açúcares durante o processo de desidratação osmótica. Em relação à fibra bruta, às proteínas e ao resíduo mineral fixo (Tabela 2), os valores obtidos foram menores em comparação com o tratamento submetido somente à secagem convectiva (T1). Esses resultados podem ser

devidos porque durante a desidratação osmótica devem ter ocorrido fenômenos de transferência de massa do meio para o interior do produto e do produto para o meio, assim sendo, pode ter ocorrido a solubilização de sais e a migração para a solução osmótica, induzindo perda de minerais (Queiroz, 2006). No caso das proteínas, é provável que ocorra a desnaturação devido à pressão osmótica, à temperatura e ao tempo de processamento.

Em relação aos lipídeos (Tabela 2), verificou-se que o pré-tratamento osmótico não influenciou estatisticamente nos tratamentos ( $p > 0,05$ ) obtendo-se valores de 2,30 g/100g e 2,20 g/100g. O valor energético da farinha obtida do marmelo do cerrado osmodesidratado (346,04 kcal/100g) foi maior em relação à farinha obtida por secagem convectiva (310,02 kcal/100g), o que era esperado, uma vez que houve aumento do teor de carboidratos devido à impregnação de soluto durante o tratamento osmótico.

### **3.1.1.2. Características físicas e químicas**

Os baixos valores de atividade de água (0,387 a 0,496) e pH (3,83 a 3,90) das farinhas de marmelo do cerrado (Tabela 3) garantem a sua estabilidade em relação ao desenvolvimento microbiano. Segundo Franco e Landgraf (2008), alimentos com pH abaixo de 4,0 são considerados muito ácidos, restringindo o desenvolvimento de microrganismos quase que exclusivamente a bolores e leveduras, enquanto valores de atividade de água abaixo de 0,60 podem ser considerados limitantes para a multiplicação de qualquer microrganismo. Além disso, a baixa atividade de água em alimentos retarda o escurecimento não-enzimático, a degradação de vitaminas e a atividade de enzimas, fornecendo maior estabilidade (Rockland e Beuchat, 1987). A acidez da farinha do tratamento T2 foi menor, o que deve ter relação com prováveis perdas de ácidos orgânicos durante o processo osmótico.

O teor de sólidos solúveis (Tabela 3) diferiu significativamente entre os tratamentos, sendo maior na farinha do tratamento T1.

**Tabela 3.** Características físicas e químicas da farinha de marmelo do cerrado obtida por desidratação convencional (T1) e desidratação associada ao processo osmótico (T2).

Parâmetros	Farinha sem DO (T1)	Farinha com DO (T2)
Atividade de água (adm)	0,496 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,387 ± 0,01 <sup>b</sup>
pH (adm)	3,83 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,90 ± 0,02 <sup>a</sup>
Acidez titulável (g <sub>ácido tartárico</sub> /100g)	4,59 ± 0,13 <sup>a</sup>	2,32 ± 0,07 <sup>b</sup>
Sólidos solúveis (°Brix)	59,53 ± 0,78 <sup>a</sup>	55,03 ± 0,58 <sup>b</sup>
Cor: L*	68,57 ± 0,48 <sup>a</sup>	60,48 ± 1,31 <sup>b</sup>
a*	4,34 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,83 ± 0,22 <sup>b</sup>
b*	21,91 ± 0,34 <sup>a</sup>	18,78 ± 0,32 <sup>b</sup>

DO: desidratação osmótica. Adm: valor adimensional. L\*: claridade, a\*: cromaticidade verde-vermelho, b\*: cromaticidade amarelo-azul. Valores são expressos com médias e desvio padrão (n = 3). Letras iguais na mesma linha significa que os valores não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.

O tratamento osmótico anterior à secagem convectiva influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) na cor do produto (Tabela 3). A cor da farinha do tratamento T2 apresentou valores menores de L\*, a\* e de b\*, o que pode ser atribuído à impregnação dos açúcares da solução osmótica e ligeira caramelização destes. Por outro lado, o escurecimento da amostra pode também ser atribuído ao escurecimento enzimático, uma vez que os pedaços de marmelo foram submetidos a um tempo maior de processamento.

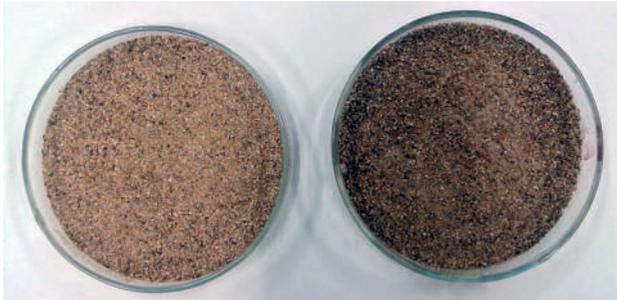
Na Figura 2 são apresentados os pedaços secos de frutos de marmelo do cerrado durante o processo de desidratação osmótica os frutos desidratados sem tratamento osmótico – T1 (a), com tratamento osmótico – T2 (b) e as farinhas obtidas dos tratamentos T1 e T2 (c).



(a)



(b)



(c)

(T1)

(T2)

**Figura 2.** Marmelo do cerrado desidratado (a) por convecção (T1), (b) por convecção com prévio tratamento osmótico (T2) e (c) farinhas de marmelo do cerrado obtidas do tratamento T1 e T2. Fonte: Os autores.

Na Figura 3 são apresentados os pedaços de marmelo do cerrado utilizados durante o processo de desidratação osmótica.



**Figura 3.** Pedacos de marmelo do cerrado durante o processo de desidratação osmótica. Fonte: Os autores.

### 3.2. Barra Alimentícia

As barras alimentícias são alimentos práticos, leves de fácil consumo e com atributos sensoriais de grande aceitação. Na elaboração de barras alimentícias podem ser incorporados novos ingredientes com a finalidade de aumentar a sua funcionalidade (Marques et al., 2014).

Na pesquisa para elaboração de barra de cereais foram utilizadas duas formulações que variaram na quantidade de farinha de marmelo do cerrado e que foram elaboradas a partir das farinhas obtidas no estudo apresentado na Seção 3.1. O produto da formulação 1 (F1) foi elaborado utilizando a farinha obtida do Tratamento 1 (controle - sem pré-tratamento osmótico) e o produto da formulação 2 (F2) foi com a farinha do Tratamento 2 (com pré-tratamento osmótico). Na Tabela 4 são mostrados os ingredientes e a quantidade incorporada em cada formulação.

**Tabela 4.** Formulação da barra de cereal com adição de farinha de marmelo do cerrado.

Ingredientes	Quantidade (%)
Calda (mel, glicose, sacarose)	43,9
Granola	16,0
Flocos de Aveia	16,0
Flocos de arroz	13,4
Farinha de marmelo do cerrado	10,7

O processamento consistiu na mistura de todos os ingredientes e moldagem das barras. A mistura foi distribuída em bandejas perfuradas de aço inoxidável, permitindo a passagem do ar por convecção. As bandejas foram colocadas no secador a 50 °C por 9h. Após a secagem, as barras foram cortadas, acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenadas a -18 °C até o momento das análises.

### 3.2.1. Características da barra de cereal

#### 3.2.1.1. Composição nutricional

As barras de cereais formuladas com adição de farinha de marmelo do cerrado apresentaram baixos teores de umidade (7,84 g/100g e 6,85 g/100g) (Tabela 5) o que as tornou seguras contra o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes (Arévalo-Pinedo et al., 2013). O baixo teor de umidade evita o desenvolvimento de reações indesejáveis, dentre eles, o escurecimento não enzimático e a perda da crocância que é característica de qualidade do produto e atributo de grande influência na aceitação sensorial (Munhoz et al., 2014).

**Tabela 5.** Composição nutricional de barras alimentícias adicionadas de farinha de marmelo do cerrado.

Componentes	F1	F2
Umidade (g/100g)	7,84 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,85 ± 0,11 <sup>b</sup>
Carboidratos (g/100g)	79,21 ± 0,68 <sup>b</sup>	82,02 ± 0,89 <sup>a</sup>
Fibra bruta (g/100g)	2,13 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,29 <sup>b</sup>
Proteínas (g/100g)	7,70 ± 0,16 <sup>a</sup>	6,58 ± 0,30 <sup>b</sup>
Resíduo mineral fixo (g/100g)	1,08 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,90 ± 0,06 <sup>b</sup>
Lipídeos (g/100g)	2,52 ± 0,18 <sup>a</sup>	2,45 ± 0,13 <sup>a</sup>
Valor energético (kcal/100g)	368,36	376,45

F1: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado sem desidratação osmótica, F2: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratada. Valores são expressos com médias e desvio padrão (n = 3). Letras iguais na mesma linha significa que os valores não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.

O elevado teor de carboidratos das barras de cereais (79,21 g/100g e 82,02 g/100g) (Tabela 5) deve ter relação com os açúcares presentes no mel de abelha que foi empregado como aglutinante e benéficos à saúde. Segundo Dias et al. (2009), a quantidade de açúcares totais em amostras de méis pode variar de 76,90 a 84,15%, dependendo da sua origem. Valores semelhantes

de carboidratos foram observados por outros autores, dentre eles Dessimoni-Pinto et al. (2010), que observaram a existência de teor de carboidratos de 75,43 g/100g na barra de cereal com adição de amêndoas de macaúba, e Guimarães e Silva (2009), que relataram valores de 75,25 a 77,12 g/100g para barras de cereais com adição de frutos de murici-passa.

O teor de fibras (1,20 g/100 e 2,13 g/100) (Tabela 5) foi considerado baixo ao comparar com o teor obtido na barra de cereal com adição de baru, que apresentou valores de 9,13 a 12,70 g/100g de fibra insolúvel, dependendo da quantidade de polpa de baru adicionada (Lima et al., 2010). Nas barras de cereais com e sem adição de amêndoas de macaúba Dessimoni-Pinto et al. (2010) obtiveram valores de fibra bruta de 1,62 a 3,54 g/100g, semelhantes aos obtidos no presente estudo.

Os teores de proteínas (7,70 g/100g e 6,58 g/100g) e resíduo mineral fixo (1,08 g/100g e 0,90 g/100g) (Tabela 5) de marmelo do cerrado coincideram com os reportados por outros autores, que observaram valores que variaram de 6,00 g/100g (Dessimoni-Pinto et al., 2010) a 7,68 g/100g (Guimarães e Silva, 2009) para proteínas e de 0,87 g/100g (Arévalo-Pinedo et al., 2013) a 1,68 g/100g (Dessimoni-Pinto et al., 2010) para cinzas.

Os teores de lipídeos (Tabela 5) podem ser considerados baixos em relação à produtos formulados com adição de outros frutos do Cerrado (Guimarães e Silva, 2009; Arévalo-Pinedo et al., 2013). Apesar das diferenças da composição nutricional das duas formulações, os valores energéticos observados no presente estudo (368,36 kcal/100g e 376,45 kcal/100g), encontram-se dentro dos valores apresentados para barras de cereais (Dessimoni-Pinto et al., 2010; Lima et al., 2010; Munhoz et al., 2014).

### **3.2.1.2. Características físicas e químicas**

A baixa atividade de água (0,483 e 0,472) (Tabela 6) tem relação com os teores de umidade observados para as farinhas.-O teor de acidez (Tabela 6) do produto obtido foi semelhante ao relatado por Schrammel e Ribeiro (2014) para barras de cereais com adição de açaí ou cupuaçu (0,80% e 1,63%). O pH foi

levemente influenciado pelo tratamento osmótico, sendo o mesmo um pouco maior (pH 4,68) que o da F1 (pH 4,41).

O teor de sólidos solúveis (53,38 e 50,47 °Brix) (Tabela 6) verificado foi maior que o observado por Schrammel e Ribeiro (2014) (37,3 - 40,8 °Brix) e menor que o obtido por Arévalo-Pinedo et al. (2013) (71,5 - 72,0 °Brix). A diferença verificada nesses trabalhos é atribuída à formulação, onde aquelas que apresentam uma maior quantidade de açúcares apresentam um maior teor de sólidos solúveis.

Em relação à cor (Tabela 6), a formulação adicionada de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratado apresentou coloração mais escura (menor valor de L\*). Não foram observadas variações significativas nos valores de a\* e b\* entre os produtos das duas formulações.

Em relação à cor (Tabela 6), a formulação com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratado apresentou coloração mais escura (menor valor de L\*). Não foram observadas variações significativas nos valores de a\* e b\* entre os produtos das duas formulações. A comparação visual da cor das barras de cereais adicionadas de farinha de marmelo do cerrado pode ser visualizada na Figura 4.

**Tabela 6.** Características físicas e químicas das barras de cereais adicionadas de farinha de marmelo do cerrado.

Parâmetros	Farinha sem DO (T1)	Farinha com DO (T2)
Atividade de água (adm)	0,496 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,387 ± 0,01 <sup>b</sup>
pH (adm)	3,83 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,90 ± 0,02 <sup>a</sup>
Acidez titulável (g ácido tartárico/100g)	4,59 ± 0,13 <sup>a</sup>	2,32 ± 0,07 <sup>b</sup>
Sólidos solúveis (°Brix)	59,53 ± 0,78 <sup>a</sup>	55,03 ± 0,58 <sup>b</sup>
Cor: L*	68,57 ± 0,48 <sup>a</sup>	60,48 ± 1,31 <sup>b</sup>
a*	4,34 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,83 ± 0,22 <sup>b</sup>
b*	21,91 ± 0,34 <sup>a</sup>	18,78 ± 0,32 <sup>b</sup>

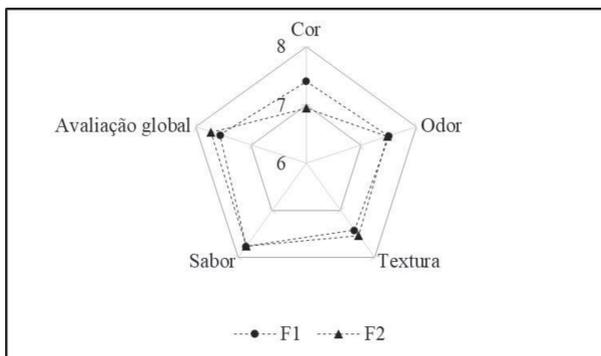
F1: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado sem desidratação osmótica, F2: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratada. Adm: valor adimensional. L\*: claridade, a\*: cromaticidade verde-vermelho, b\*: cromaticidade amarelo-azul. Valores são expressos com médias e desvio padrão (n = 3). Letras iguais na mesma linha significa que os valores não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % (p < 0,05) pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.



**Figura 4.** Barra de cereais adicionada de farinha de marmelo do cerrado obtida por (a) desidratação convencional por convecção (T1) e por (b) desidratação com prévio tratamento osmótico (T2). Fonte: Os autores. Fonte: Os autores.

### **3.2.2. Análise sensorial**

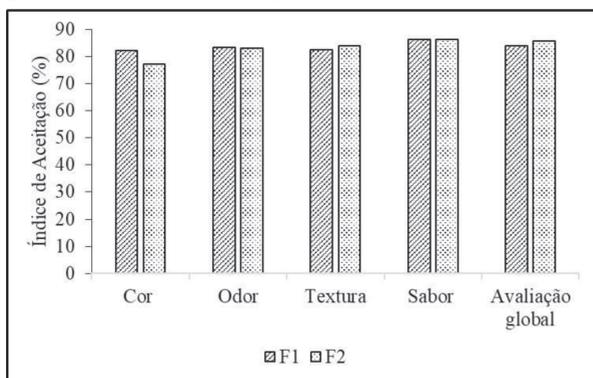
Os resultados das médias obtidas para os atributos sensoriais das barras de cereais adicionadas de farinha de marmelo do cerrado desidratado sem (F1) e com pré-tratamento osmótico (F2) não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ). Ambos os produtos apresentaram notas que representam conceitos de “gostei moderadamente” (nota 7) e “gostei muito” (nota 8) para todos os atributos, com exceção da cor para a barra de cereal da formulação F2 (Figura 5), que apresentou nota 6,6, a qual estava visualmente mais escura, portanto, menos atrativa.



**Figura 5.** Notas do teste de aceitação dos atributos cor, odor, textura, sabor e avaliação global de barras de cereais com adição de farinha de marmelo do cerrado desidratado por convecção (F1) e desidratado por processo osmótico e convecção (F2). Fonte: Os autores.

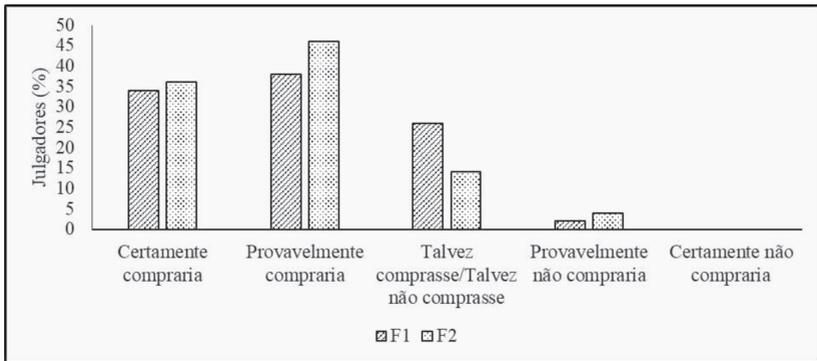
A boa aceitação das barras de cereais com adição de farinha de marmelo do cerrado pode ser confirmada pelo índice de aceitação de cada atributo (Figura 6).

De acordo com Baú et al. (2010), o produto que apresente índice de aceitação acima de 70% pode ser considerado aceito. O índice de aceitação das barras de cereais formuladas com farinha de marmelo do cerrado foi maior que 77% para todos os atributos avaliados, portanto, pode-se inferir que apresentaram potencial mercadológico.



**Figura 6.** Índice de aceitação de amostras de barras de cereais com adição de farinha de marmelo do cerrado. F1: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado sem desidratação osmótica, F2: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratada. Fonte: Os autores.

Os resultados do teste de intenção de compra para os produtos (Figura 7), confirma a aceitabilidade, uma vez que a distribuição de frequências das respostas “certamente compraria” e “provavelmente compraria” foi de 72% e 82% para as formulações F1 (com adição de farinha de marmelo do cerrado sem prévia desidratação osmótica) e F2 (com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratado), respectivamente. Além disso, o conceito de “certamente não compraria” não foi escolhido por nenhum dos julgadores para nenhum dos produtos.



**Figura 7.** Intenção de compra de barras de cereais com adição de farinha de marmelo do cerrado. F1: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado sem desidratação osmótica, F2: Barra alimentícia com adição de farinha de marmelo do cerrado osmodesidratada. Fonte: Os autores.

#### **4. Considerações finais**

A inclusão de frutos e vegetais regionais na dieta, sendo ricos em nutrientes, oferece diversas vantagens, entre elas a valorização da produção regional, a redução de custo de produção devido à adaptação edafoclimática das plantas e a redução com transporte da produção. Além disso, a diversificação da dieta constitui uma estratégia sustentável de combate a deficiências nutricionais, pois pode ser perpetuada através da introdução e do estímulo ao consumo dos produtos naturais da região pela população.

Barras alimentícias formuladas a partir de farinhas do fruto marmelo do cerrado desidratado com e sem pré-tratamento apresentaram bom índice de aceitação (> 77%) para vários atributos (cor, odor, textura, sabor e avaliação global), portanto foram consideradas bem aceitas.

Além da barra alimentícia, outros produtos podem ser obtidos a partir das farinhas de marmelo, como produtos de panificação, massas, sorvetes, picolés, entre outros.

O fornecimento de bases científicas, teóricas e de divulgação dos frutos do Cerrado é essencial para o seu uso e aproveitamento tecnológico. No caso do marmelo do cerrado, o aproveitamento integral do fruto pode servir de estímulo para o cultivo *ex situ* da espécie ao gerar renda para pequenos agricultores, além de incentivar a preservação da flora da região.

## REFERÊNCIAS

ARÉVALO-PINEDO, A.; ARÉVALO, Z. D. S.; BESERRA, N. S.; ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; ARÉVALO-PINEDO, R. Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.

BAÚ, T. R.; CUNHA, M. A. A.; CELLA, S. M.; OLIVEIRA, A. L. J.; ANDRADE, J. T.. Barra alimentícia com elevado valor proteico: formulação, caracterização e avaliação sensorial. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 1, p. 42-51, 2010.

BECKER, F. S. **Desenvolvimento, caracterização e atividade antioxidante de marmelada-de-cachorro (*Alibertia sessilis* Schum.)**. 2015. 113 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. D. C. Fibra alimentar: Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, n. 6, p. 97-405, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília. 2005.

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 173-187, 2011.

CASTRO, T. L. A.; CARDOSO, C. A. L. Uso tradicional, cultivo, composição química e atividades biológicas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. Ex Dc. (Rubiaceae). **Revista Biodiversidade**, v. 20, n. 4, p.177-193, 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2a. ed. Lavras:UFLA. 2005. 785 p.

CLERICI, M. T. P. S.; KALLMANN, C.; GASPI, F. O. G.; MORGANO, M. A.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; CHANG, Y. K.. Physical, chemical and technological characteristics of *Solanum lycocarpum* A. St.-HILL (Solanaceae) fruit flour and starch. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2143-2150, 2011.

CODEX ALIMENTARIUS. **Código de práticas internacionais recomendadas. Princípios gerais de higiene alimentar**. CAC/RCP, 1. 1969.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. M.; BATISTA, A. G.; VIEIRA, G.; SOUZA, C. R.; DUMONT, P. V.; SANTOS, G. K. M. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 1, p. 77-84, 2010.

DIAS, J. S.; CAMARGO, A. C.; BARIN, C. S.; ELLEN SOHN, R. M. Caracterização físico-química de amostras de mel. **Revista UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 8, n. 1, p. 19-22, 2009.

FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MONTEIRO, J. C. S. Características físicas e químicas do jenipapo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 421-428, 1986.

FILISZETTI, T. M. C. C.; LOBO, A. R. Fibra alimentar e seu efeito na biodisponibilidade de minerais. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, p. 175-215, 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 1th ed. São Paulo, SP: Atheneu. 2008. 192 p.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de frutos de murici-passa. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** (Impresso), v. 68, n. 3, p. 426-433, 2009.

HIANE, P. A.; PENTEADO, M. V. C.; BADOLATO, E. Teores de ácidos graxos e composição centesimal do fruto e da farinha da bocaiúva (*Acrocomia mokayáya* Barb. Rodr.). **Alimentos e Nutrição**, v. 2, n. 1, p. 21-26, 1990.

HUYSAMER, M.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism in ripening fruit. VIII. Cell wall composition and synthetic capacity of two regions of the outer pericarp of mature green and red ripe cv. Jackpot Tomatoes. **Physiologia Plantarum**, v.101, n. 2, p. 314-322, 1997.

KOPPER, A. C.; SARAIVA, A. P. K.; RIBANI, R. H.; LORENZI, G. M. A. C. Utilização tecnológica da farinha de bocaiuva na elaboração de biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 463-470, 2009.

LIMA, J. C. R.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 331-343, 2010.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2006. 672 p.

MARQUES, T. R.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; SIMÃO, A. A.; PINHEIRO, A. C. M.; RAMOS, V. O. Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 5084-5092, 2014.

MARTINS, C. R., LOPES, W. A., ANDRADE, J. B. Solubilidade das Substâncias Orgânicas. **Química Nova**, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

MENEGATI, S. E. L. T.; AQUINO, D. F. S.; ALFREDO, T. M.; CARDOSO, C. A. L.; OESTERREICH, S. A.; VIEIRA, M. C. Avaliação da toxicidade aguda do extrato aquoso das folhas de *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich. In: 17 Workshop de Plantas Mediciniais do Mato Grosso do Sul e 7º Empório da Agricultura Familiar. **Anais**. Dourados. 2015.

MESSIAS, M. C. T. B.; MENEGATTO, M. F.; PRADO, A. C. C.; SANTOS, B. R.; GUIMARÃES, M. F. M. Uso popular de plantas medicinais e perfil socioeconômico dos usuários: Um estudo em área urbana em Ouro Preto, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 76-104, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-BRASIL. **Biodiversidade para Alimentação e Nutrição**. 2012. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade.html>>. Acessado em fevereiro de 2023.

MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. C. A.; NOZAKI, V. T.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; HIANE, P. A.; MACEDO, M. L. R. Preparation of a cereal bar containing bocaiuva: Physical, nutritional, microbiological and sensory evaluation. **Acta Scientiarum Technology**, v. 36, n. 3, p. 553-560, 2014.

ONU. **ONU News**: Perspectiva Global Reportagens Humanas. 2022. Disponível em <<https://news.un.org/pt/story/2022/07/1794722>>. Acessado em fevereiro de 2023.

ORTOLAN, A. V.; EING, K. K. C.; SANTOS, M. M. R.; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F. D.; NOVELLO, D. Adição de farinha de baru em cupcakes: Caracterização físico-química e sensorial entre crianças. **Mundo Saúde** (Impresso), v. 40, n. 2, 213-220, 2016.

OXFAM-BRASIL. **Olhe para a fome**. 2022. Disponível em <<https://www.oxfam.org.br/noticias/fome-avanca-no-brasil-em-2022-e-atinge-331-milhoes-de-pessoas/>>. Acessado em fevereiro de 2023.

QUEIROZ, V. A. V. **Qualidade de goiaba (*Psidium guajava* L.) submetida aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção**. 2006. 137 p. Tese (Doutorado). Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Compostos bioativos e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 4, p. 933-941, 2013.

ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. **Water activity**: Theory and applications to food. New York: Marcel Dekker. 1987. 424 p.

SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa. 2006. 320 p.

SCHRAMMEL, F.; RIBEIRO, J. **Desenvolvimento de barra mista de frutas com açaí (*Euterpe precatoria*) e com cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**: Avaliação físico-química, sensorial e microbiológica. 2014, 63 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, 2014.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001.

SOARES, F. D.; PEREIRA, T.; MARQUES, M. O. M.; MONTEIRO, A. R. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 15-21, 2007.

SOBRINHO, P. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; LUZ, P. B.; CAMILI, E. C. Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 382-389, 2017.

SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; DE SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1123-1129, 2012.

SOUZA, M. W.; FERREIRA, T. B.; VIEIRA, I. F. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 33-36, 2008.







"Obra financiada com recursos da Chamada FUNDECT/CNPq N°16/2014 - PRONEX - MS (N° Processo: 59/300.029/2015)

"Projeto: Bioprospecção de plantas medicinais e alimentícias nativas de Cerrado e Mata: caracterização química e molecular, bioatividade e desenvolvimento no cultivo ex situ

